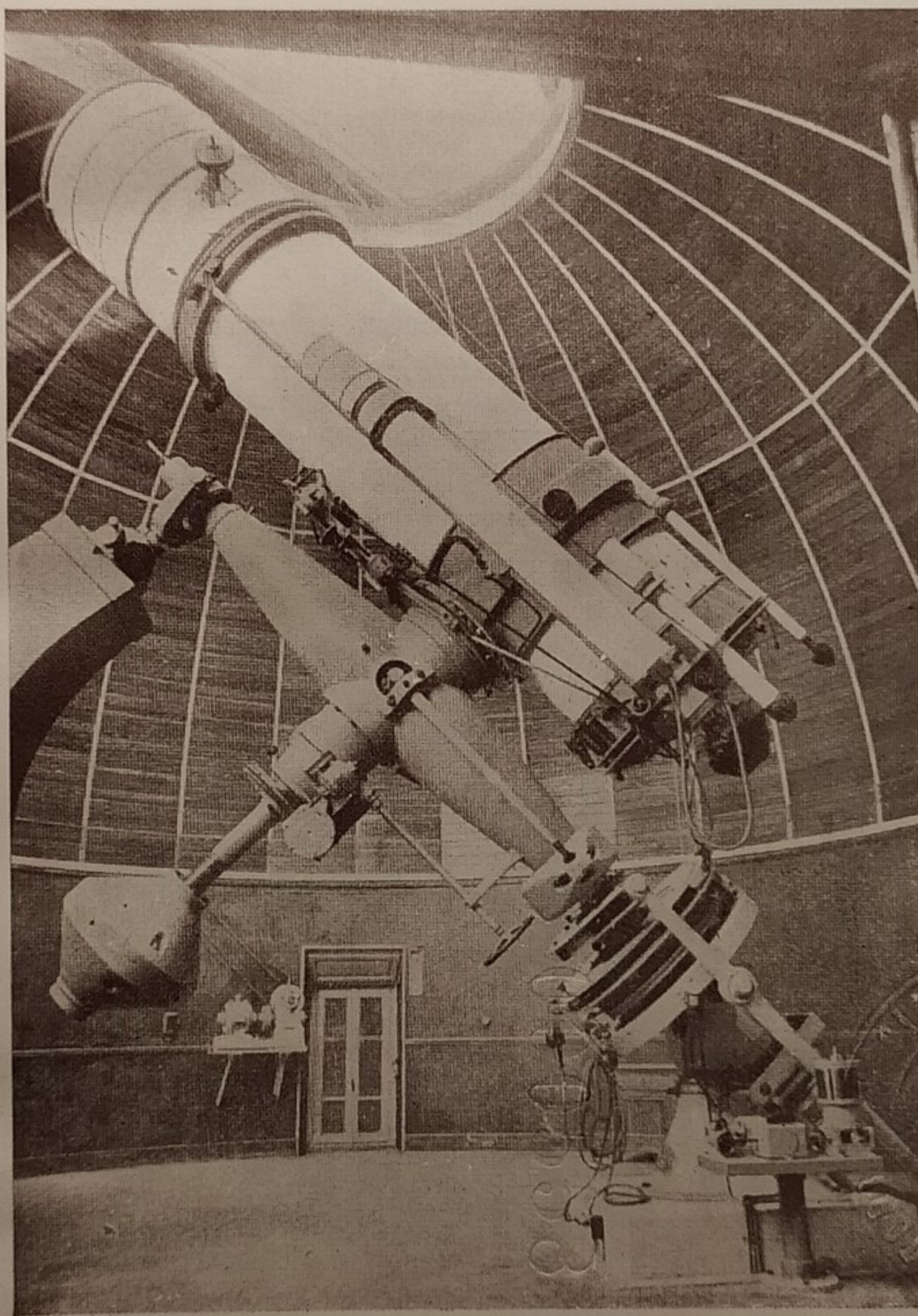
R. GRANDORI E R. ZANETTI
NOZIONI DI FISICA
CHIMICA E MINERALOGIA

FISICA

R. GRANDORI E R. ZANETTI

NOZIONI DI FISICA CHIMICA E MINERALOGIA

PER LE SCUOLE DI AVVIAMENTO PROFESSIONALE

CON 320 ILLUSTRAZIONI E TRICROMIE

R. BEMPORAD & F.º - EDITORI
FIRENZE

PARTE I.

NOZIONI PRELIMINARI

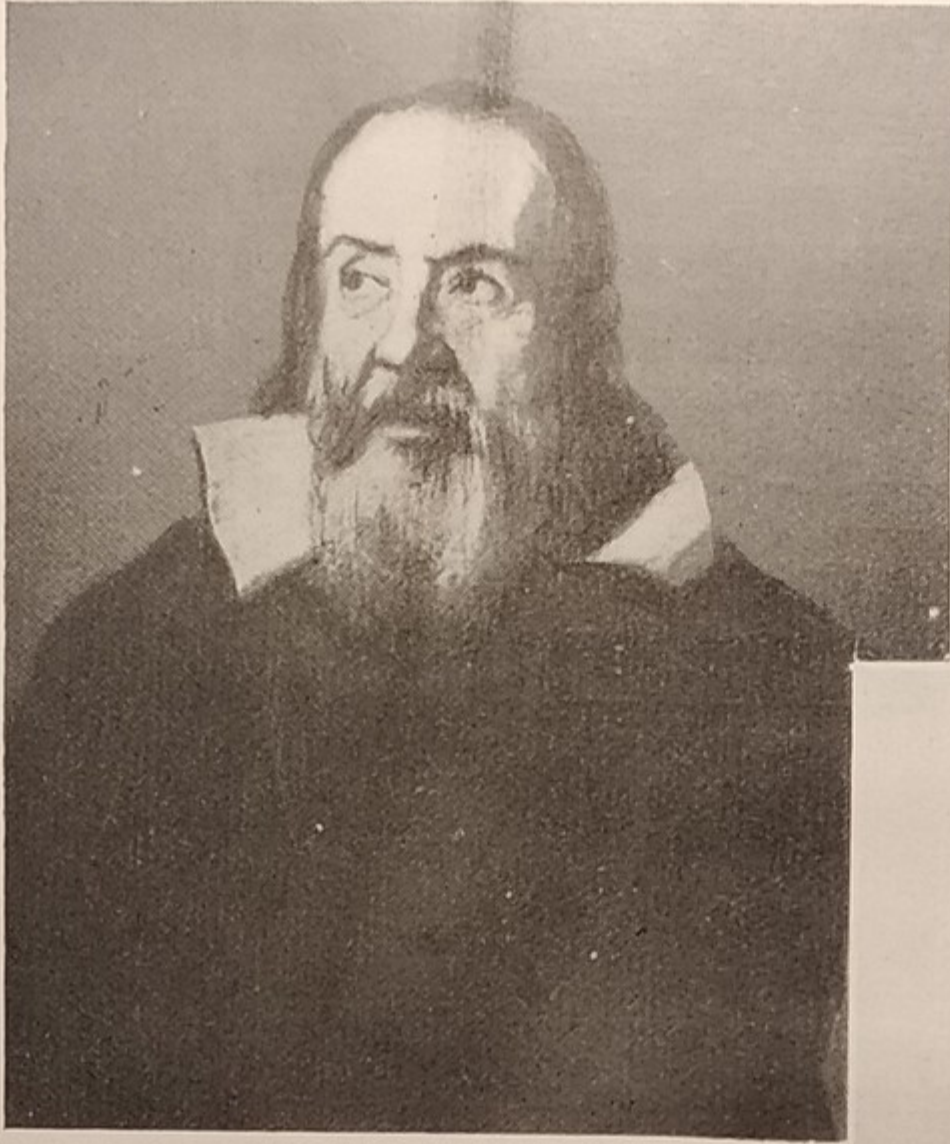
1. Il mondo materiale. — Nel mondo in cui viviamo noi vediamo, oltre agli esseri viventi, come gli animali e le piante, altri corpi che si possono dire bruti, e ci accorgiamo che avvengono dei fenomeni, cioè dei fatti che attribuiamo a cause esterne ai corpi stessi.

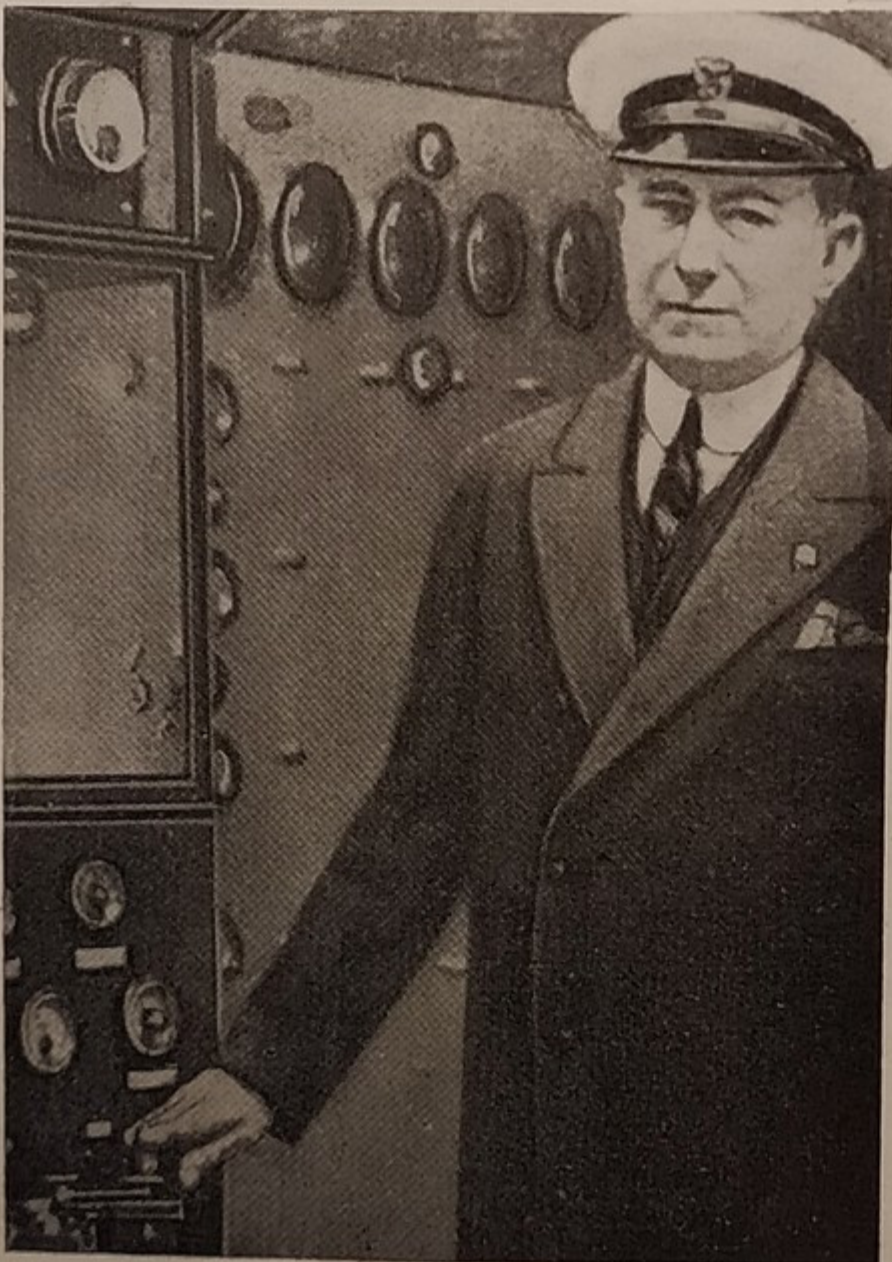
La *Fisica* e la *Chimica* si occupano dello studio di questo mondo, che si dice *materiale,* per distinguerlo da quello degli esseri viventi: la fisica studia i fenomeni che, come il *movimento,* il *suono,* il *calore,* la *luce,* e l'*elettricità,* lasciano inalterata la sostanza dei corpi; la *chimica* che cominceremo più oltre, studia i fenomeni che alterano permanentemente la sostanza dei corpi stessi, come, per esempio, la combustione del legno.

La distinzione esatta tra queste due scienze non è sempre possibile, ma la separazione dello studio della chimica da quello della fisica è necessario alla nostra intelligenza.

2. La Fisica. — La Fisica è detta anche la madre di tutte le scienze. Tutto ciò che ci circonda e lo stesso nostro corpo, possono essere argomento di studio sotto l'aspetto fisico. Anzi, la maggior parte degli oggetti che servono alla nostra vita ordinaria, sono frutto di lavoro e di scoperte che l'uomo ha fatto osservando e studiando la natura: sono cioè applicazioni della fisica.

Il *treno* che percorre su strade ferrate ogni regione della terra, l'*automobile* che passa veloce sulle belle strade d'Italia, l'*aeroplano* che vola a grandissime altezze e rappresenta il più rapido mezzo di trasporto, la *radio* che allieta le nostre case, sono altrettante applicazioni, più o meno complesse, di fenomeni fisici.

Nella storia di questa scienza affascinante ed inesauribile, i nomi di molti grandi Italiani rifulgono di luce immortale. Voi non dovete dimenticare che la nostra Italia è grande ed universalmente ammirata non soltanto per poeti, artisti ed eroi ma anche per nomi di fisici insi-

Galileo Galilei.
(1564-1642).

Alessandro Volta.
(1745-1827).

Guglielmo Marconi.

gni come *Galileo Galilei* (1564-1642) fondatore della fisica sperimentale, *Alessandro Volta* (1745-1827) inventore della pila elettrica, e *Guglielmo Marconi*, inventore della trasmissione a distanza delle onde elettriche (figg. 1, 2 e 3).

3. I tre strati di aggregazione dei corpi. — I corpi possono essere allo stato *solido, liquido* e *gassoso.*

Sono allo stato solido, il *legno*, il *ferro*, il *ghiaccio* e quasi tutti i corpi che vi circondano: volgendovi attorno potrete voi stessi trovare numerosi altri esempi. Ogni corpo solido è caratterizzato da una forma propria, che spesso è molto difficile alterare permanentemente.

Fig. 4. — Esperienza sull'espansione dei gas.
In *a* una vescica contiene dell'aria, ma resta floscia. In *b* è stata estratta l'aria dalla campana ed il gas è libero di espandersi.

L'*acqua*, che è la sostanza più comune perchè indispensabile alla vita animale e vegetale, si trova invece ordinariamente allo stato liquido. Non è possibile parlare di forma dei corpi liquidi perchè essi si raccolgono nella parte più bassa dei recipienti nei quali sono versati, mentre la superficie libera sovrastante dei liquidi in riposo è sempre piana e orizzontale. Si vedrà poi come e perchè l'acqua passi facilmente dallo stato liquido a quello solido e viceversa: per ora basti osservare che è certamente la stessa sostanza quella che si presenta, ora come ghiaccio, ora come acqua.

Tutti sanno anche che l'acqua può evaporare cioè acquistare lo stato gassoso: essa allora si divide in innumerevoli particelle piccolissime ed invisibili, come quelle di cui è formata l'*aria* che respiriamo, e che è, anch'essa, un gas.

A sua volta, il *vapor d'acqua* ritorna facilmente allo stato liquido.

Provate infatti ad esporre un piatto freddo ai vapori uscenti da una pentola di acqua bollente: sulla superficie del piatto si depositeranno delle bollicine sempre più grosse di acqua, formate dal vapore condensatosi.

Altri gas incolori come l'aria ed il vapor d'acqua, sono: l'*idrogeno,* che è la sostanza più leggera che si conosca; l'*ossigeno,* che è contenuto

nell'aria ed è necessario alla vita, e l'*anidride carbonica*, che si produce nella respirazione degli esseri viventi e nelle combustioni, ed è più pesante dell'aria. Vi sono anche gas colorati, come per esempio il *cloro*, che è giallo verdastro.

Le particelle dei corpi gassosi tendono ad allontanarsi l'una dall'altra, occupando uno spazio sempre più grande, e ad esercitare quindi una forza sulle pareti del recipiente che li racchiude: questa proprietà dei gas si dice *espansione*.

Se chiudiamo un po' d'aria in una vescica di gomma, l'espansione non produce alcun fenomeno particolare, perchè una forza uguale è pure esercitata dall'aria esterna, che preme sulla vescica. Ma se poniamo la vescica sotto la campana di una macchina capace di estrarre l'aria, la vescica si gonfia e può anche scoppiare per effetto dell'espansione del gas contenuto (fig. 4).

4. — La distinzione fra i tre strati di aggregazione è dunque chiara: ma vi sono corpi solidi che si deformano lentamente sotto l'azione del proprio peso come la *pece*, e certi grassi liquidi, molto densi, che conservano per qualche tempo la forma loro impressa.

Ciò deve insegnarci che, nello studio della natura, la classificazione delle nostre nozioni non è sempre cosa facile. I termini che abbiamo appreso fin da bambini e che ci sembrano chiari ed esaurienti, hanno spesso nella scienza un significato un po' diverso ma anche più preciso: è questo il significato che noi dobbiamo ricordare. Non sempre si tratta di apprendere cose nuove: spesso si deve avere lo scopo di perfezionare le cose già note. Nello studio della fisica, poi, non si richiedono nè fantasia nè sforzi di memoria, ma soprattutto desiderio di osservare ed un po' di riflessione.

Guardate dunque, per esempio, di non confondere il vapor d'acqua che è un gas invisibile, con le goccioline d'acqua di cui son formate le nubi! Inoltre sappiate che il fumo prodotto dalla imperfetta combustione del legno o del carbone non è solamente gas, ma contiene numerose particelle solide minutissime che la corrente dei gas caldi prodotti nella combustione solleva e porta con sè.

5. Proprietà generali della materia. — Le proprietà distintive dei tre stati di aggregazione sono dette anche proprietà particolari della materia. Altre proprietà, comuni a tutti i corpi, si dicono invece *proprietà generali* od essenziali.

Ora, se la materia è ciò di cui sono formati i corpi, osserviamo intanto subito che essa deve occupare *spazio*: questa è la proprietà dell'*estensione*. Inoltre pensiamo che nello spazio occupato da un corpo non può esservene un altro; ed ecco la proprietà dell'*impenetrabilità*.

Un pezzo di legno, un sasso, sono dunque corpi, ma non lo sono

nè il punto, nè la linea geometrici, perchè non occupano spazio; il calore non è materia perchè penetra nei corpi, e sempre nuovo calore può essere dato ad essi. Se un chiodo battuto col martello penetra nel muro o nel legno, l'impenetrabilità fisica non è contraddetta, perchè queste due sostanze hanno dovuto spostarsi per lasciare entrare in esse il chiodo. Se immergete le mani in un catino d'acqua, il livello di questa si eleva mostrando che l'acqua si è spostata.

Nei corpi che si dicono *porosi*, come la pietra pomice o le spugne, i liquidi penetrano, scacciando l'aria dalle piccole cavità o *pori* che sono disseminati in essi; insomma, malgrado facili apparenze contrarie, l'impenetrabilità della materia è una proprietà costantemente verificata.

6. — Il volume dei corpi può variare per effetto del calore, come studieremo meglio più avanti. Questa proprietà generale si chiama *dilatabilità*.

La dilatabilità dei corpi solidi si dimostra coll'esperienza dell'*anello di Gravesande*: una sfera di rame passa esattamente per un anello della stessa sostanza. Ma, dopo essere stata riscaldata da una fiamma, non passa più finchè non abbia, col suo contatto, scaldato l'anello (fig. 5).

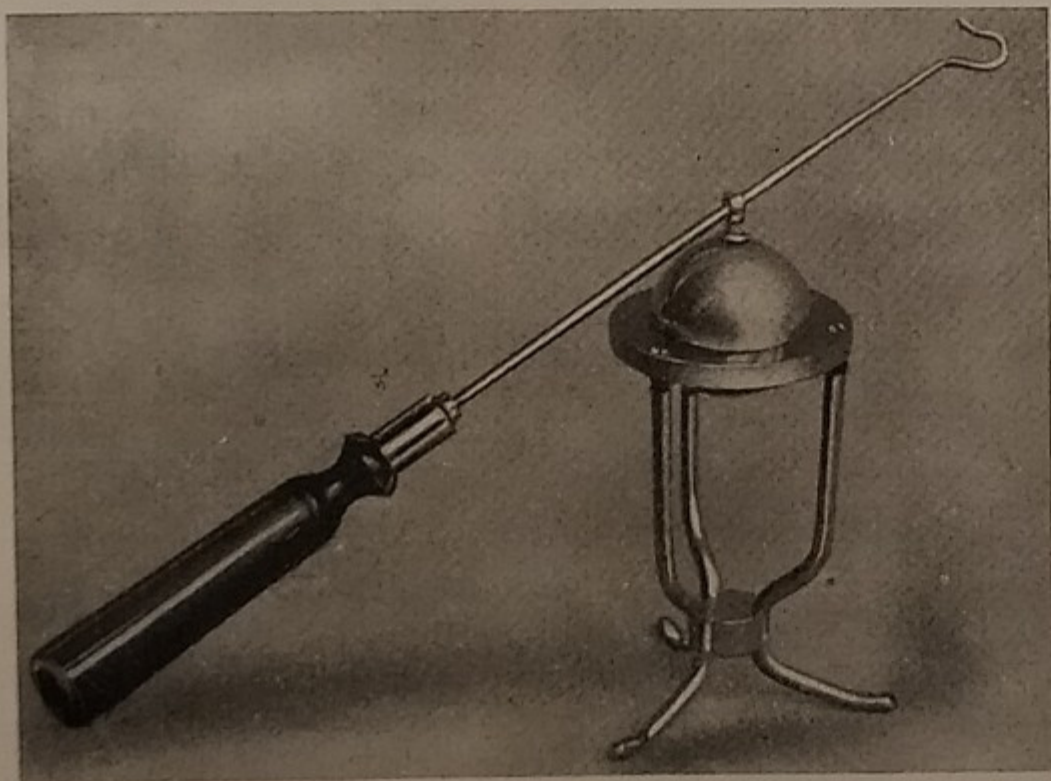



Fig. 5. — Esperienza di Gravesande.

La sfera passa esattamente per l'anello quando ha la stessa temperatura: non passa, se è più calda dell'anello. (*Off. Galileo*).

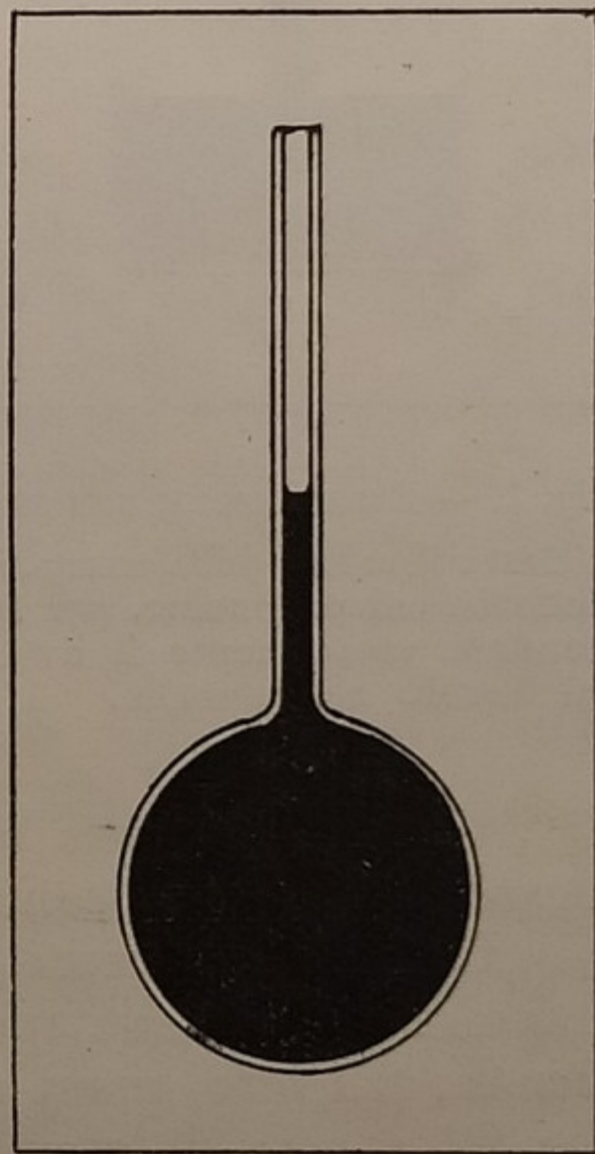



Fig. 6. — Dilatazione dei liquidi.

L'acqua colorata sale nel cannello quando viene riscaldata.

Se poi facciamo l'esperienza di chiudere un liquido in un reci-

piente dal collo molto sottile, ci accorgiamo che il livello del liquido nel tubo, sale lentamente anche soltanto riscaldando il liquido in modo sopportabile al tatto (fig. 6); anche i liquidi dunque sono dilatabili.

Infine un gas chiuso in un palloncino dal collo lungo e sottile, e capovolto su di un liquido, si dilata molto apprezzabilmente solo che si tocchi il palloncino con la mano (fig. 7): si può dunque arguire che i solidi sono meno dilatabili dei liquidi, e questi ancor meno dei gas.

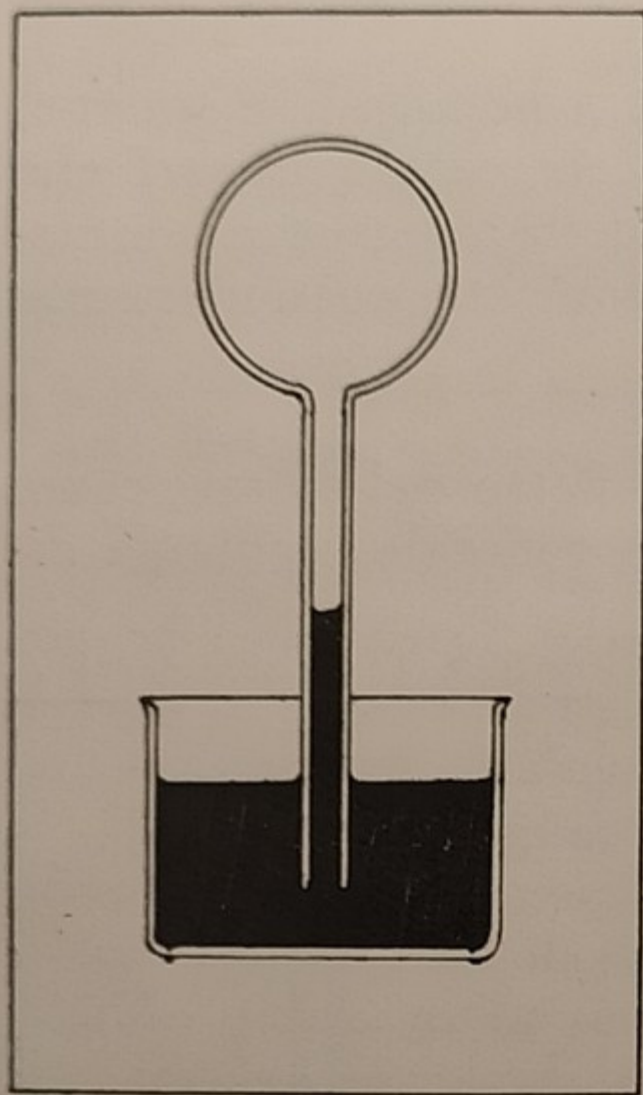



Fig. 7. — DILATAZIONE DEI GAS. Basta il calore della mano, in contatto col palloncino, per far scendere vivacemente il livello del liquido nel cannello.

7. — Importantissima è anche la *divisibilità* dei corpi, cioè la proprietà di essere divisibili in parti piccolissime.

Con mezzi meccanici adatti come la limatura, la frantumazione, la polverizzazione, i corpi solidi si possono ridurre in granelli piccolissimi: ma questi, visti al microscopio, che può ingrandirli più di duemila volte, appaiono molto irregolari, grossolani e suscettibili di ulteriore divisione. Molto più minute sono le goccioline in cui può essere ridotto, con un nebulizzatore, un liquido qualunque; eppure si deve ritenere che le particelle ultime in cui un corpo è divisibile siano molto più piccole. I gas poi si trovano già spontaneamente divisi in *molecole*, cioè nelle più piccole parti in cui un corpo può essere diviso, pur conservando esse tutte le proprietà della sostanza da cui sono state ricavate.

Vi sono dunque tante specie di molecole quante sono le specie di sostanze che si conoscono, e cioè più di 200.000.

La chimica, come imparerete, ha trovato il modo di spezzare la maggior parte delle specie note di molecole, in frammenti ancora più piccoli, tra loro quasi sempre diversi, detti *atomi*. Non esistono però che 92 specie di atomi, dalla combinazione dei quali si ottengono le numerose varietà di sostanze che si trovano nell'Universo.

La fisica, a sua volta, ha scoperto che in tutti gli atomi vi sono due sole sorta di particelle costitutive che sono gli *elettroni* ed i *protoni*: ma di questo diremo qualche altra cosa, dopo lo studio dell'elettricità.

8. L'estrema piccolezza delle molecole che sono tutte invisibili, ha dell'incredibile. In un cubetto d'aria di un millesimo di millimetro di lato ve ne sono, normalmente, 27.000.000.

Se provate a ricavare il numero di quello contenuto in un centimetro cubico, troverete che è rappresentato dal numero formato dalle cifre 27 seguite da 15 zeri, che si scrive brevemente:

$$27 \times 10^{15}.$$

Si pensi che il numero dei secondi di tempo trascorsi dalla nascita di Cristo alla fine del 1932 è di circa

62.000.000.000

e che bisognerebbe contarne dunque circa 2.000.000 al secondo per esaurirne il conto in 1932 anni.

È chiaro dunque che il loro computo deve essere fatto con criterî speciali; a tale scopo si seguono metodi diversi che si controllano a vicenda e sul cui valore, non vi è dubbio. Numeri così grandi non vi sembreranno straordinarî, quando saprete che l'Universo ha un diametro più di quattro milioni di milioni di volte maggiore della distanza della Terra dal Sole che è di 150.000.000 di chilometri; che esistono parecchie migliaia di milioni di corpi celesti e che la formazione della Terra è avvenuta certamente più di duemila milioni di anni or sono!

9. — Tutti i corpi tra di loro e le molecole di uno stesso corpo pure tra di loro, si attraggono, cioè tendono ad avvicinarsi: ciò si esprime dicendo che fra le parti della materia agisce l'*attrazione universale*.

Apprenderete più avanti altri caratteri della forza secondo cui i corpi vengono attratti dalla Terra, che si dice il loro *peso*, e che è della stessa natura di quella che regola il movimento dei corpi celesti, cioè della Terra, degli altri pianeti, del Sole e delle stelle.

Intanto basta osservare che, tra le molecole dei corpi solidi, esistono delle forze che le tengono unite, e che sono dette forze di *coesione*.

A queste è dovuta la forma dei corpi solidi e la loro *elasticità*, cioè la tendenza a riprendere la forma primitiva quando cessa la causa deformante.

Le forze di coesione, in misura molto piccole, esistono però anche tra le molecole dei liquidi e perfino tra quelle dei gas.

10. — Insomma, le innumerevoli specie di corpi che costituiscono il mondo esterno, hanno molte proprietà comuni, che ci mettono in grado di giudicare agevolmente se ciò che cade sotto i nostri sensi sia, o non sia, materia. Questo mondo è straordinariamente grande, ma i corpi sono formati di parti immensamente piccole.

Dei fenomeni fisici che ivi avvengono, noi ci occuperemo ordinatamente, cominciando da quello più comune, e nello stesso tempo più importante di tutti, che si chiama *moto*.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

I.

Quest'anno il Professore di Scienze ci insegna dunque la Fisica, la Chimica e le loro applicazioni. Quante volte ho desiderato di conoscere che cosa mai v'è dentro quell'apparecchio radio, che obbedisce così docilmente al giro di quei due bottoncini!... Arriverò a saperlo?

Tonio, che fa sempre le cose facili, e quasi sempre le sballa, l'altro giorno mi ha detto: « Non vedi!... Vi sono delle lampadine.... ed un fonografo.... » Eh, sì! Vi sono tante specie di lampadine elettriche.... e poi manca il disco! Non capisce che vi entrano invece le onde elettriche, anche se esse non si vedono; come quando sosteneva che la sigaretta, bruciando, sparisce. Se brucia, avviene un fenomeno chimico, come ha detto oggi il Professore, e certamente la sigaretta non c'è più. Ma la materia non scompare perchè non può perdere le sue proprietà essenziali.

Ora ho molto piacere di sapere che nel mio corpo ho un bel mucchio di molecole. Certo io non sono solo materia! I miei sensi e le mie sensazioni, che non sono materia, mi permettono di capire che cosa c'è nell'Universo che mi circonda, di pensare, di volere!

Che cosa vorrei? Conoscere già tutta la fisica, ed andare a dare una occhiata nei laboratori di Guglielmo Marconi.

PARTE II.

MECCANICA GENERALE

CAPITOLO I.

Il movimento.

11. Il moto e la quiete. — Il fenomeno del movimento di un corpo è un fatto così comune che sembra inutile osservare attentamente. Ma non è così: perchè, per poter giudicare se un corpo si muove o no, dobbiamo, intanto, riferirne la posizione ad altri corpi che sembrano fermi. Per esempio, se un corpo si muove nella stanza, ci accorgiamo che muta la sua distanza da almeno una delle pareti, mentre, se non potessimo constatare alcun mutamento di posizione, come accade per la sedia su cui siamo seduti, diremmo che il corpo è fermo.

Ora come voi ben sapete, la stanza si muove essendo trasportata dalla Terra, e quindi si muove anche la sedia: noi non possiamo accorgerci di questo movimento della sedia che è ferma rispetto alla stanza se non guardando fuori della stanza ed osservando che altri corpi che, come le stelle, possiamo ritenere fissi, sembrano muoversi.

I movimenti dei corpi sono dunque relativi, e poichè si sa che anche le stelle si muovono, di un moto che però ci appare lentissimo, nulla può essere considerato assolutamente fermo. In pratica la considerazione dei moti relativi è per noi sufficiente: a questa bastano i nostri sensi e la misura di certe *grandezze fisiche* come le distanze percorse, che si esprimono in metri (o in multipli o sottomultipli del metro) ed i tempi impiegati a percorrerli, che si esprimono in minuti secondi.

L'insieme di tutte le posizioni che un corpo di dimensioni piccolissime occupa successivamente nello spazio, si dice *traiettoria*: noi potremmo vederla se il corpo lasciasse nello spazio una traccia, come fa la punta di un lapis muovendosi su di un foglio di carta.

12. Moto uniforme. — Fra i vari tipi di movimento il più semplice è quello detto *uniforme*, per cui si impiegano sempre tempi uguali, a percorrere parti di traiettoria della stessa lunghezza, comunque scelte.

È, per esempio, uniforme il moto dell'acqua in un canale artificiale che ha sezione e pendenza costante.

Ora, siccome il minuto secondo, con cui si misurano i tempi, è la sessantesima parte del minuto primo, che è la sessantesima parte dell'ora, che è la ventiquattresima parte della durata media del giorno, il moto di un punto, attraverso la misura del tempo, è, insomma, confrontato col moto della Terra che si può ritenere uniforme.

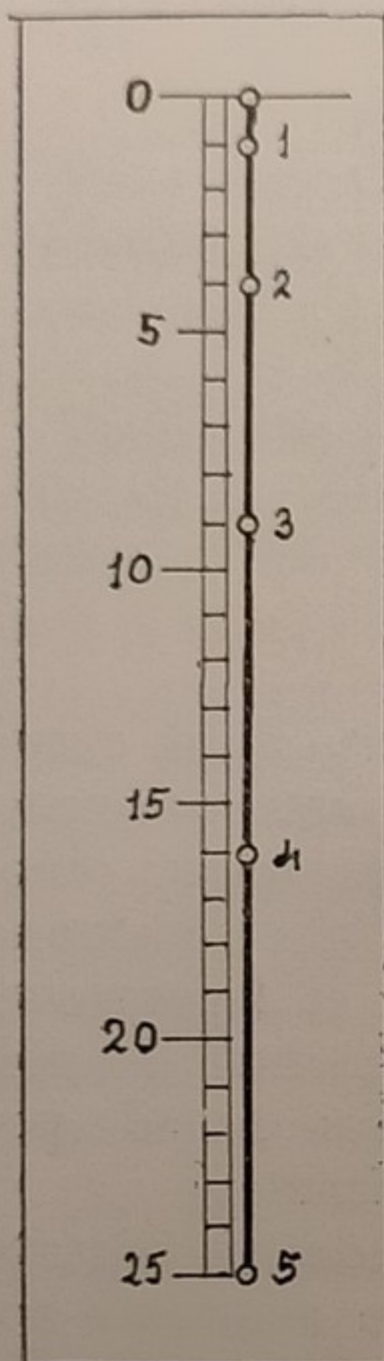



Fig. 8. — Moto uniformemente accelerato.

I punti *1*, *2*, *3*, ecc. indicano le posizioni raggiunte da un corpo ad intervalli regolari di tempo. Verificate sulla figura come crescono gli spazi successivi e complessivi.

Se i tempi fossero espressi in minuti secondi, ogni divisione del regolo verticale dovrebbe rappresentare la lunghezza di m. 4,90 (cioè la metà di m. 9,8) per mostrare come avviene la caduta libera di un corpo.

Se si chiama *velocità* lo spazio percorso nell'unità di tempo, lo spazio totale, cioè la lunghezza del cammino percorso in un tempo qualunque, si ottiene moltiplicando il valore della velocità per il valore del tempo espresso, per esempio, in secondi. Inversamente, la velocità si ottiene dividendo il valore dello spazio per quello del tempo, ed il tempo dividendo lo spazio per la velocità, come si dice brevemente.

Non vi sono, sulla Terra, movimenti eternamente uniformi, ma solo movimenti che, in un intervallo più o meno lungo di tempo, si mantengono praticamente uniformi. Per esempio, il moto di un treno, (che, si badi bene, non ha sempre la stessa velocità) si può ritenere uniforme nei tratti rettilinei e di pendenza costante, quando la locomotiva sviluppa il massimo sforzo di trazione. E se il treno impiega, per esempio, un'ora e mezza a percorrere 63 chilometri, possiamo dire che, comunque, quel tragitto è stato percorso alla velocità media di

$$63 : 1{,}5 = 42 \text{ km. all'ora.}$$

In generale la velocità è dunque variabile da momento a momento, ed il moto si dice *vario*.

13. Moto uniformemente vario. — Quando la velocità del moto di un corpo va aumentando, il moto si dice *accelerato*, se va diminuendo si dice *ritardato*.

In natura è comune il moto in cui la velocità aumenta ad ogni secondo di una quantità costante; il moto si dice allora *uniformemente accelerato*.

In questa specie di movimento in tempi uguali e successivi si percorrono spazi che crescono come i numeri dispari (fig. 8), cioè se nel primo secondo si percorre un metro, nel secondo

se ne percorrono altri tre, nel terzo altri cinque e così di seguito. Se poi sommaste gli spazi percorsi, vi accorgereste che dopo 1, 2, 3 secondi e così via, sono stati percorsi m. 1, 4, 9, ecc. Che relazione vi pare che esista fra queste due serie di numeri?

I corpi abbandonati a se stessi cadono appunto, nel vuoto, cioè dove non esiste aria, secondo una retta verticale e proprio con moto uniformemente accelerato. Si dice che la loro accelerazione è di m. 9,8, perchè la loro velocità aumenta di m. 9,8 ad ogni minuto secondo, anche partendo dal riposo.

Lanciati verticalmente verso l'alto, i corpi si muovono invece di *moto uniformemente ritardato* (diminuendo di velocità di m. 9,8 al secondo), fino al momento in cui la velocità diventa nulla. D'allora in poi riprendono la caduta libera e verticale e ripasserebbero per il punto di partenza con la stessa velocità con cui sono stati lanciati verso l'alto, se non vi fosse stata la *resistenza dell'aria.*

Fig. 9. — Il tubo di Newton.

Con questo lungo tubo si vede che alcuni corpi cadono nell'aria con diversa velocità. Ma se si estrae l'aria i corpi, invece, cadendo, percorrono il tubo tutti nello stesso tempo.

14. Altre nozioni sulla caduta dei corpi. — La resistenza dell'aria è un ostacolo non indifferente al moto dei corpi. Voi sapete che anche un vento non troppo violento rende faticoso il cammino in senso contrario ad esso. Correndo un po' lestamente, la resistenza viene avvertita anche se l'aria è in quiete.

Alle velocità di un buon ciclista, di un automobile, di un aeroplano la resistenza diviene sempre maggiore finchè, malgrado la grande energia disponibile, la velocità non può più crescere ed il movimento diviene uniforme.

Sulle resistenze che si incontrano in generale nel movimento dei corpi, faremo più oltre altre considerazioni. Per ora basta sapere che, togliendo l'aria da un tubo di vetro entro cui sono diversi corpi, come un pezzo di metallo, un pezzo di legno, un pezzetto di carta ed una piuma (fig. 9), non solo si potrebbe constatare la costanza dell'accelerazione nella caduta di un corpo, ma l'identità dell'accelerazione di tutti i corpi qualunque siano il loro peso e la loro forma.

Provate a ritagliare un dischetto di carta delle dimensioni di una moneta, e ad abbandonarli contemporaneamente: il disco di carta raggiunge il suolo con notevole ritardo rispetto alla moneta. Ma se il disco è appoggiato sulla faccia superiore della moneta tenuta orizzontalmente e questa viene così abbandonata, la carta, non incontrando

alcuna resistenza nell'aria già vinta dalla moneta, cade contemporaneamente a questa.

15. Altri tipi di movimenti. — Molto comune è il moto rotatorio di un corpo attorno ad un asse, come quello di rotazione della Terra o quello di una ruota. I varî punti del corpo descrivono delle circonferenze che hanno il centro sull'asse. Se in tempi uguali ogni punto descrive archi uguali, il moto si dice *rotatorio uniforme.* Il tempo impiegato a compiere un giro si dice *periodo;* il numero di giri che si compiono in un secondo si dice *frequenza.* Così, se una ruota compie venti giri al secondo, la frequenza del suo movimento di rotazione è appunto 20, ed il periodo è di 1/20 di secondo.

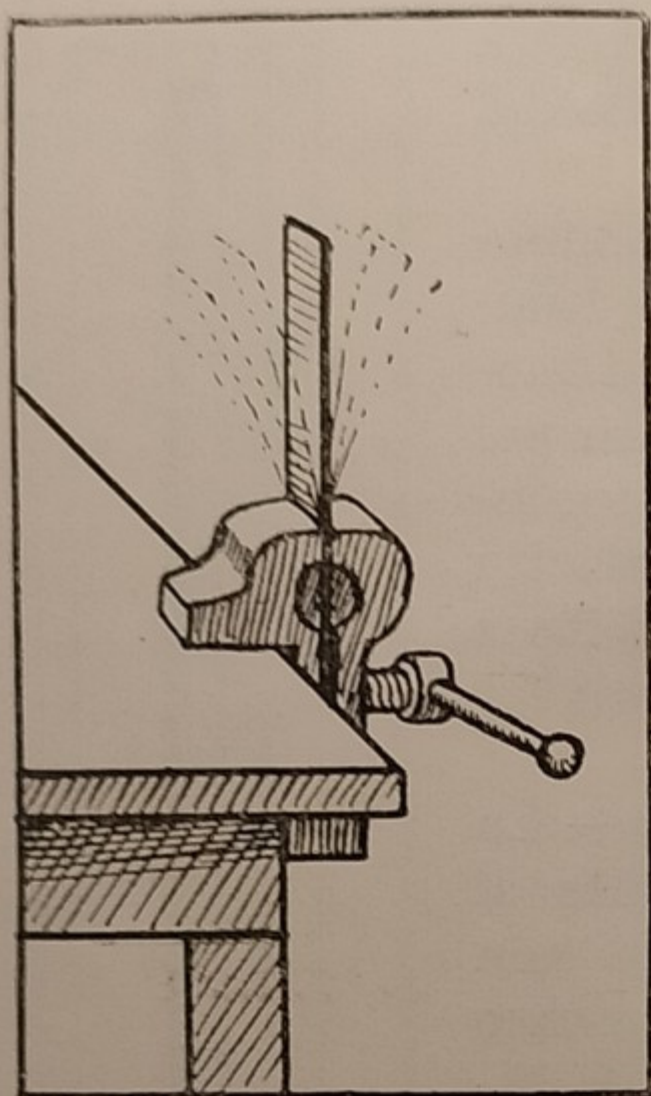



Fig. 10. — MOTO VIBRATORIO DEI PUNTI DI UNA LAMINA ELASTICA.

Gli spostamenti al di qua e al di là della posizione di riposo sono uguali.

Importantissimo è pure il movimento *oscillatorio,* molto simile a quello di un pendolo, che studieremo più oltre. Ad esempio, se una sottile sbarra di acciaio viene stretta ad una estremità in una morsa (fig. 10) e, dopo averla leggermente curvata viene abbandonata a se stessa, essa ritorna nella posizione di riposo soltanto dopo aver compiuto parecchi movimenti molto rapidi di va e vieni al di qua ed al di là della posizione stessa.

Questi movimenti alternativi sono tutti della stessa durata, anche se l'ampiezza del movimento, cioè la lunghezza del cammino percorso in ogni oscillazione, va diminuendo. Il moto si dice anche *vibratorio.*

Anche nel moto vibratorio si considerano un *periodo* ed una *frequenza;* se la frequenza di un moto vibratorio fosse 100, ciò significherebbe dunque che ogni movimento completo di va e vieni dura un centesimo di secondo.

Fin d'ora potreste constatare che, se le vibrazioni sono abbastanza frequenti, si produce *suono.*

16. — Riepilogando: il moto di un corpo non può essere che relativo. Riferito a corpi ritenuti fissi, può dirsi rettilineo o no, e può essere uniforme, o vario, o uniformemente accelerato. Quest'ultimo moto è importantissimo, perchè si verifica nella caduta dei corpi. Fra i tanti altri tipi di movimento non dimentichiamo quello di va e vieni,

alternativo, rapido e ritmico, detto vibratorio, la cui frequenza deve essere intesa come il numero di vibrazioni che avvengono per minuto secondo.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

II.

* *Oggi sono partito in ritardo da casa ed ho dovuto quasi correre. Di solito, dal portone di casa, impiego 10 minuti per giungere all'angolo della strada che dista dal portone proprio 320 m., e 15 minuti in tutto: oggi ho impiegato invece in tutto 10 minuti precisi. Ho domandato sorridendo, a Tonio la mia velocità di oggi e lui ha alzato le spalle mezzo corrucciato, dicendomi che mentre il tranvai correva, i libri che aveva attaccato con la cinghia alla maniglia, erano caduti proprio sul suo piede che stava sotto, e che gli faceva ancora male.*

— Non potevano cadere — aggiunse — su quelli dell'amico che stava un po' più indietro col piede, se il tranvai andava senza scosse? —

Gli ho risposto che così non poteva accadere, perchè i libri stavano fermi rispetto al tranvai ed il corpo è caduto come se il tranvai fosse stato fermo. Il Professore, che ieri ci aveva parlato del moto relativo, mi ha dato ragione.

** *Desiderando sapere come si determinasse la velocità di un moto vario che cambia continuamente, ne ho chiesto al Professore. Questi mi ha fatto osservare, che per ogni istante del movimento, si può sempre trovare un intervallo di tempo così breve che il moto si può considerare uniforme. Dividendo allora lo spazio percorso per il tempo impiegato a percorrerlo, si ha la velocità in quell'istante. Gli indicatori di velocità cioè i tachimetri, sui treni o sulle automobili, dànno continuamente questa velocità in chilometri all'ora.*

Per esercizio il Professore ci ha poi fatto ricavare la velocità in metri al secondo di un treno diretto, che percorre 60 km. all'ora; abbiamo trovato m. 16,66. Un'automobile lanciata a 110 km. fa al secondo m. 30,1; un aeroplano ad 88 m. al secondo, quanto farà all'ora?

Un punto dell'equatore ruota attorno all'asse della Terra alla velocità di 463 m. al secondo! Un proiettile d'arma da fuoco può avere la velocità iniziale di 700 m. al secondo, ma, dopo pochi istanti, la velocità è già ridotta di metà.

CAPITOLO II.

L'inerzia e le forze.

17. L'inerzia. — I corpi liberi in moto, tendono a conservare la loro velocità. Ciò può sembrare strano constatando che se un corpo ha ricevuto una spinta, prima o poi si ferma. Se si tratta però di una sfera di acciaio che rotola su di un piano ben levigato, il moto acquistato dura a lungo. Le parti rotanti di certe macchine dette *giroscopi*, che hanno un grande peso e sono appoggiate su cuscinetti a sfere, se non sono frenate, continuano a ruotare per parecchi minuti prima di fermarsi. La Terra, che è un corpo libero nello spazio dotato di traslazione e di rotazione proprie, conserva il suo movimento e lo conserverà certamente per parecchi milioni di secoli. Questi esempi servono ad illustrare il fenomeno dell'*inerzia di moto*.

Inoltre tutti sapete che un corpo in quiete tende a restarvi finchè non intervengono delle cause ad esso esterne, con cui noi giustifichiamo ad esempio il fatto che esso ha mutato di posizione nello spazio: questa è l'*inerzia di quiete*. Ma anche se vogliamo fermare od accelerare un corpo in moto dobbiamo intervenire agendo dall'esterno con una forza.

Ogni modificazione nello stato di quiete o di moto di un corpo si ritiene appunto dovuta ad una *forza*: se non esistessero forze, l'inerzia sarebbe sempre e perfettamente verificata.

La necessità di attribuire una causa ad ogni fenomeno di moto, ci induce persino a dire che un corpo in moto continua a muoversi per forza di inerzia: non vi pare una contraddizione?

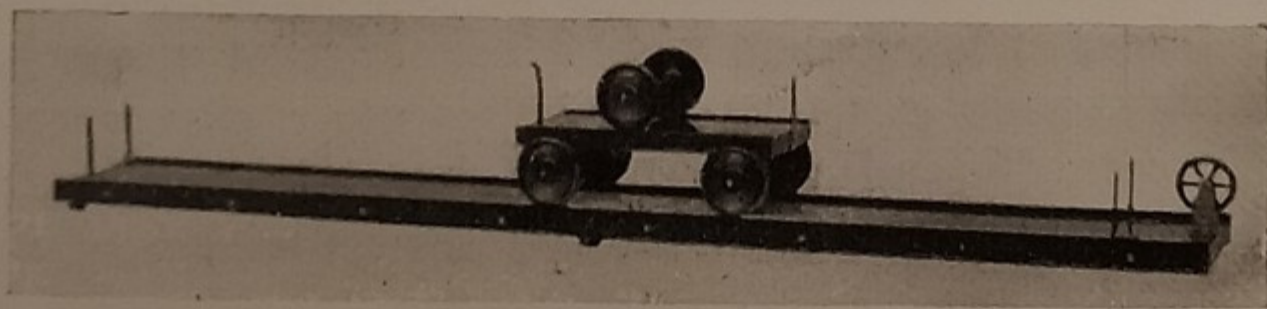



Fig. 11. — Effetti dell'inerzia.

Sul carrello vi è una coppia di ruote che può scorrere lungo il carrello stesso. Spingendo lentamente il carrello le due ruote lo seguono senza spostarsi sulle loro guide; spingendolo o fermandolo bruscamente, le due ruote rimangono indietro o proseguono nel movimento primitivo del carrello. (*Off. Galileo*).

18. — Le conseguenze dell'inerzia nei fenomeni di moto, sono note a tutti. Se un veicolo viene frenato nella sua corsa, i viaggiatori sentono una spinta in avanti, perchè i loro corpi tendono a conservare la velocità primitiva del veicolo.

Scendendo dal tranvai in moto il nostro corpo deve essere trattenuto dal cadere in avanti, poichè i piedi hanno già risentito l'urto contro il suolo, ed hanno bruscamente perso la velocità del tranvai.

Se, viceversa, un veicolo accelera bruscamente la sua corsa, o se si monta su di esso quando è in moto, il nostro corpo risente gli effetti dell'inerzia di quiete che tende ad opporsi alla nuova velocità impressagli, e ci sembra di essere spinti all'indietro.

L'apparecchio della figura 11 serve ad illustrare alcuni di questi effetti.

19. Le forze. — Le forze sono, dunque, tutte quelle *cause capaci di modificare la condizione di quiete o di moto di un corpo.* Esse hanno varia natura e, nel nostro studio, ne incontreremo parecchi tipi.

La sensazione dello sforzo muscolare che dobbiamo esercitare per mettere in moto o per frenare un corpo, fa nascere in noi il concetto di *forza*, che possiamo paragonare alla tensione di una molla deformata, anche se non vediamo o non conosciamo l'agente che la sopporta o che la trasmette.

Fig. 12. — Rappresentazione grafica di una forza.

Il punto nero a sinistra rappresenta il punto di applicazione della forza. La lunghezza della freccia misura l'intensità della forza. Quale è, in questo caso l'intensità se 1 centimetro rappresenta 1 chilogrammo?

L'azione delle forze può essere brevissima o, come si dice, *istantanea*, (come nell'urto di un corpo solido contro un ostacolo rigido); possono, le forze, essere *costanti* (come la forza di gravità) o *variabili;* possono variare di intensità, o anche solamente di direzione, o mutare il punto di applicazione.

Le forze si possono rappresentare graficamente in modo chiaro, mediante dei segmenti in cui è accennato con una piccola freccia il senso di azione della forza (fig. 12). La loro lunghezza deve indicare la misura del valore od *intensità* della forza. È necessario quindi conoscere il numero che rappresenta il rapporto di ognuna di esse, coll'unità di misura.

20. Misura delle forze. — L'unità di misura delle forze è il *chilogrammo,* cioè, quasi esattamente, la forza necessaria a tenere sollevato un decimetro cubico di acqua distillata.

È stata dunque presa come prototipo, la forza d'attrazione della Terra, che si manifesta col peso dei corpi. Per *forza dieci,* si intende, dunque, quella che è dieci volte maggiore della forza necessaria a tener sollevato 1 kg., e che si dice di 10 kg.

Per misurare l'intensità delle forze, cioè per confrontarle con l'unità di misura, si fa uso di strumenti detti *dinamometri*. Essi sono fondati sul principio che per deformare un corpo elastico in una certa misura occorre sempre la stessa forza. Così l'allungamento dell'elastico

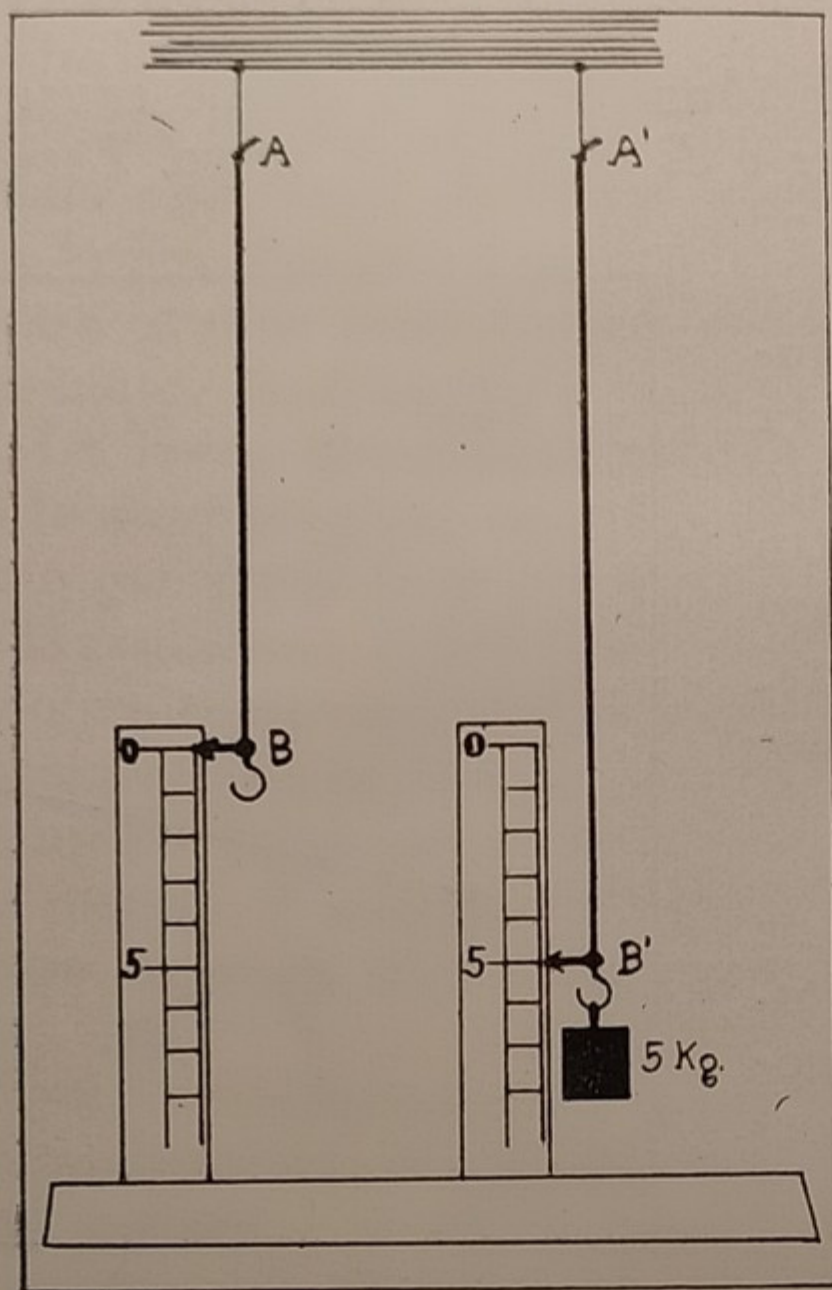



Fig. 13. — Il principio del dinamometro.

L'elastico *A B*, si allunga in *A' B'* quando viene caricato col peso di 5 kg. L'intensità di una forza incognita può essere letta anche in frazioni di chilogrammi sulla scala graduata.

Fig. 14. — Modello di dinamometro.

Nel tubo è chiusa una molla d'acciaio a spirale. Uno dei ganci serve a sostenere il dinamometro, all'altro va applicata la forza incognita. (*Off. Galileo*).

della figura 13 è indicato su una scala graduata, una volta per sempre, in chilogrammi.

Le dimensioni e la costruzione del dinamometro devono essere adatte allo sforzo massimo che esso deve poter misurare, cioè alla sua *portata* (fig. 14).

21. Composizione delle forze. — Nello stesso punto di un corpo possono essere applicate due o più forze. La rappresentazione grafica delle forze ci aiuterà a trovare la loro *risultante*, cioè la forza unica che può essere sostituita alle forze date, per ottenere i medesimi effetti.

Considеriamo i casi più semplici e più importanti:

a) Due o più forze hanno *la stessa direzione e lo stesso senso*, come nel caso di due locomotive attaccate allo stesso treno. È evidente che la risultante è data dalla somma delle intensità delle componenti;

b) due forze hanno *la stessa direzione e senso contrario*, come quando due squadre di ginnasti eseguiscono il tiro alla fune: la risul-

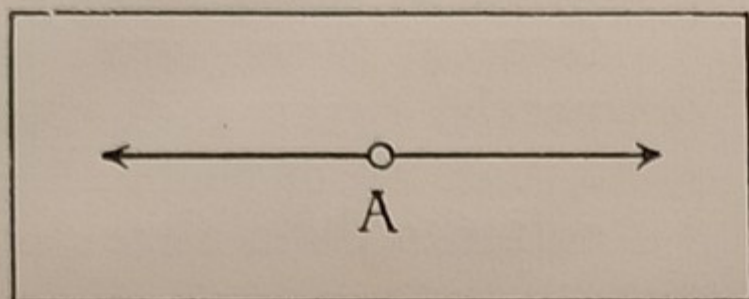



Fig. 15. — Rappresentazione grafica di due forze in equilibrio.

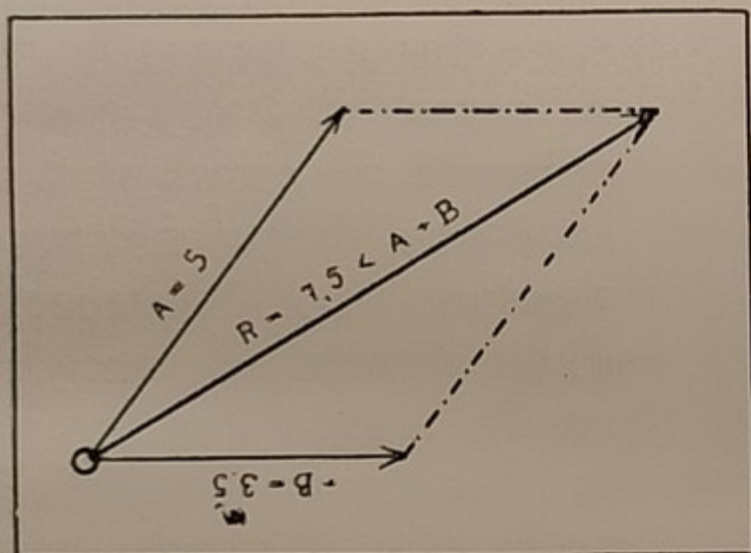



Fig. 16. — Composizione di due forze ad angolo.

La risultante delle forze *A* e *B*, è rappresentata dalla diagonale *R* del parallelogramma qui disegnato. L'intensità di *R* è sempre minore della somma e maggiore della differenza delle intensità delle due componenti.

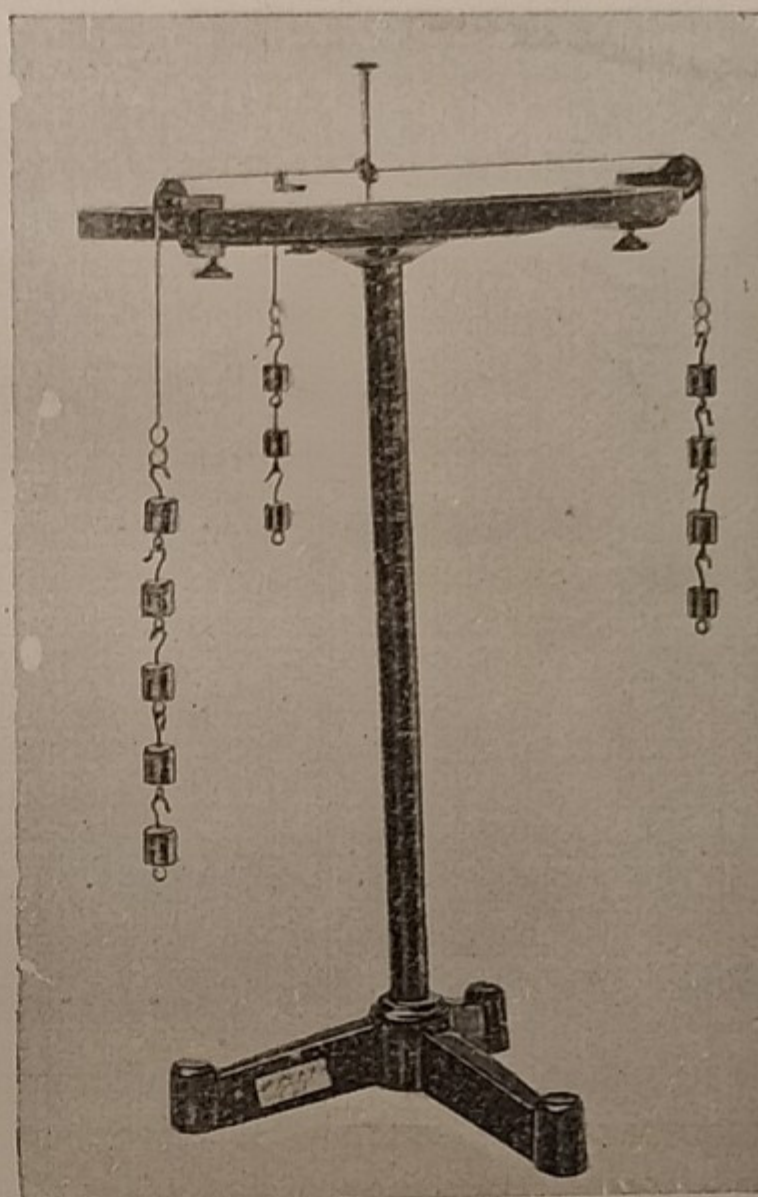



Fig. 17. — Equilibrio di tre forze.

Le tre forze tendono tre fili attaccati allo stesso anellino: quando questo non si sposta più, si può disegnare sul tavolino il parallelogramma di due forze qualunque e verificare che la terza è uguale e contraria alla risultante delle prime due. (*Off. Galileo*).

tante è data allora, dalla differenza delle due forze, ed agisce nel senso della maggiore. *Se le forze contrarie sono uguali*, la risultante è *nulla*, e si dice che le forze si fanno *equilibrio* (fig. 15);

c) due forze agiscono *in direzione diversa*, come mostra la figura 16.

È il caso di una imbarcazione che sia spinta dalla forza del vento o dai remi ad attraversare un corso d'acqua, mentre la corrente la trascina in direzione diversa da quella voluta. La risultante è rappresentabile con la diagonale del parallelogramma formato dalle due forze,

uscente dal punto d'applicazione. Essa si disegna facilmente unendo il punto di applicazione, con l'incontro delle parallele alle forze date condotte per i loro estremi;

d) infine se, le forze aventi direzione diversa sono *più di due*, esse possono farsi *equilibrio*. L'anellino della figura 17 è tirato da tre fili a cui sono applicati i pesi, rispettivamente di 3, 4, 5, decigrammi. Le forze si fanno equilibrio, perchè ognuna di esse è uguale ed opposta alla risultante delle altre due.

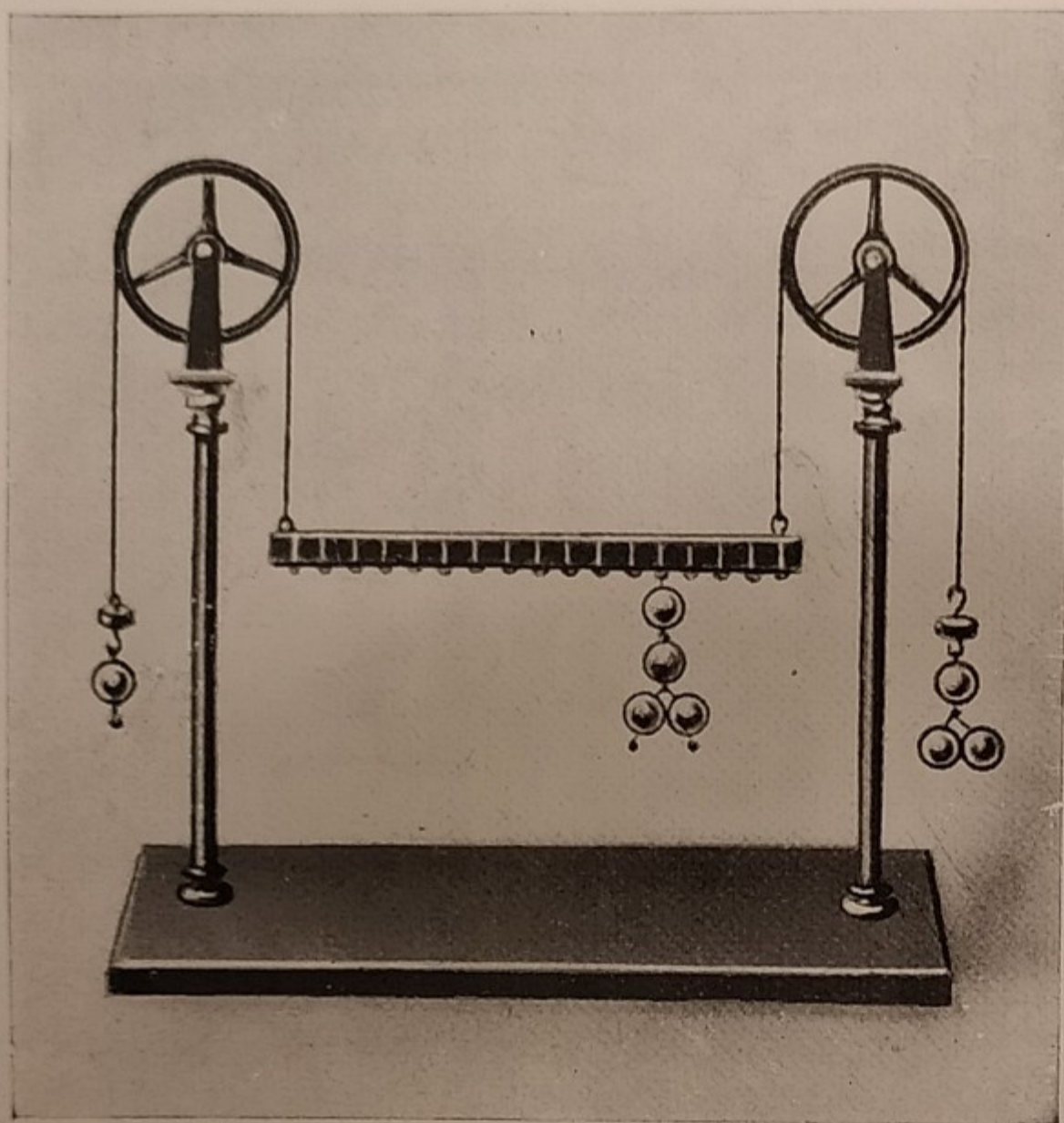



Fig. 18. — Equilibrio di forze parallele.

L'asta orizzontale è divisa in 16 parti. Le due forze verticali e dirette verso l'alto prodotte rispettivamente da 1 e da 3 pesi sferici laterali, sono equilibrate da 4 pesi centrali. Perchè questi non stanno nel punto di mezzo dell'asta? (I due piccoli pesi laterali, non sferici, servono solamente ad equilibrare il peso dell'asta). (*Off. Galileo*).

22. Forze parallele. — Ad un corpo indeformabile possono essere applicate in punti diversi delle *forze parallele*. Se le forze sono due ed *hanno lo stesso senso*, cioè se sono cospiranti, il corpo può essere equilibrato nel modo mostrato dall'apparecchio della figura 18, considerando come componenti le due forze laterali. Si vede che il punto ove è applicata la forza equilibrante di 4 decigrammi (che è di intensità uguale alla somma delle due componenti) dista rispettivamente 12 intervalli dalla forza 1, e 4 intervalli dalla forza 3. È insomma uguale il prodotto di ogni forza per la distanza del proprio punto di applicazione da quello della risultante.

Considerando invece come componenti le forze di decigrammi 4 ed 1, *parallele e non cospiranti*, la forza 3 può intendersi come equilibrante delle altre due. Qui potrete osservare che la risultante è data dalla differenza delle componenti, e che:

$$\text{forza } 4 \times \text{distanza } 4 = \text{forza } 1 \times \text{distanza } 16.$$

Quale regola generale potete dunque trarre, per la risultante di forze comunque parallele?

23. Centro di gravità. — Le molecole di un corpo sono attratte dalla Terra cioè pesano. Le forze-peso ad esse applicate sono tutte verticali, cioè parallele fra di loro. Se il corpo è solido, le singole forze si compongono dunque in una risultante unica, che è la somma dei pesi di tutte le molecole, o *peso del corpo*, e che si applica in un punto determinato ed invariabile rispetto alla figura del corpo, detto *centro di gravità*.

Fig. 19. — Centri di gravità.

Le lettere G indicano la posizione dei centri di gravità dei tre corpi.

Se vi dicessero che il centro di gravità del corpo cilindrico di sinistra non sta in G, capireste che i due mezzi cilindri non hanno lo stesso peso.

Nel triangolo a destra G è il punto d'incontro delle mediane.

Nel corpo rappresentato in basso, come se fosse trasparente, G si trova sulla verticale passante per B, là dove incontra la verticale che è stata tracciata sul corpo quando era sospeso per A.

Se il corpo è sferico, il centro di gravità è nel centro della sfera. Quello di un cilindro sta a metà dell'asse. Se il corpo è formato da una lastra sottile triangolare, il centro di gravità coincide, in pratica, col punto di incontro delle tre mediane del triangolo o *baricentro*. In generale, il centro di gravità si determina sperimentalmente, sospendendo un corpo successivamente per due punti, e cercando, rispetto alla figura del corpo, ove si incontrano le tracce delle due verticali (fig. 19).

Fig. 20. — Equilibrio di corpi appoggiati.

a) e *b*) stabile; *c*) instabile.

24. Statica. — Quando due o più forze si fanno equilibrio, il corpo a cui esse sono applicate si comporta come se non fosse sottoposto a quelle forze.

Lo studio delle condizioni di equilibrio si dice *statica*.

Il caso di un corpo in equilibrio è molto comune. Infatti un corpo appoggiato su di un piano orizzontale è in equilibrio rispetto al suo peso, cioè non cade, purchè vi sia nell'appoggio una reazione capace

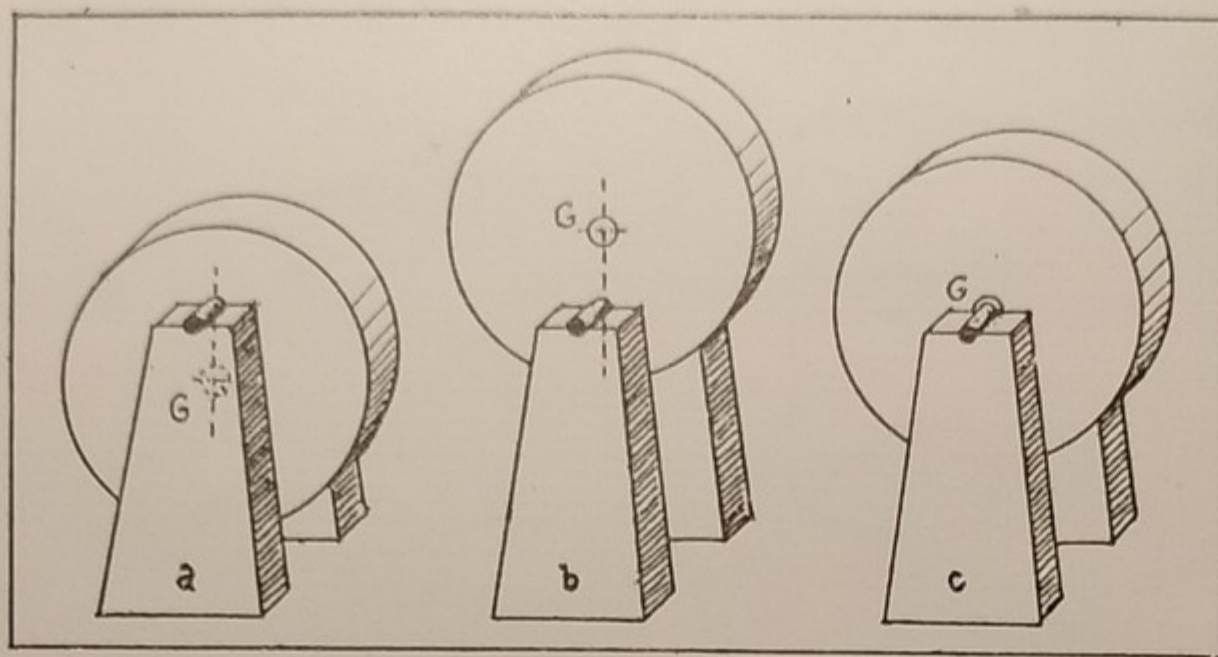



Fig. 21. — Equilibrio di corpi sospesi.

Si tratta di tre solidi cilindrici sospesi mediante assi orizzontali. In *a*) l'equilibrio è stabile, in *b*) instabile, in *c*) indifferente.

di resistere al peso. L'equilibrio di un corpo appoggiato è in generale *stabile,* perchè il corpo tende a ritornare nella posizione in cui si trova anche se ne viene allontanato, come nel caso di una sedia; occorre però che la *base di appoggio* sia sufficientemente estesa e che la verticale passante pel centro di gravità attraversi la base (fig. 20 *a*). In caso diverso il corpo tende a rovesciarsi: la *torre di Pisa,* malgrado la sua forte inclinazione, non cade perchè, (come nel caso della figura 20 *b*), la proiezione del centro di gravità sta ancora dentro la base di appoggio.

Se la base di un corpo è ridotta ad un punto, come può avvenire per un cono, l'equilibrio si dice *instabile* (fig. 20 *c*); è quasi impossibile realizzare questa condizione.

Se il corpo è rotondo può restare appoggiato ed in equilibrio in infinite posizioni: l'equilibrio si dice allora *indifferente.*

Fig. 22. — Caso di equilibrio poco comune.

Si tratta di un arco metallico sostenuto per un punto della sua saetta, che si trova molto vicino al centro di gravità. (*Off. Galileo*).

Un corpo sospeso per un punto o per un asse, si pone da sè in equilibrio stabile, cioè il suo centro di gravità *tende a portarsi nel punto più basso,* verticalmente sotto il punto di sospensione (fig. 21).

Se però il centro di gravità si trovasse verticalmente sopra quello di sospensione l'equilibrio sarebbe *instabile.* Se infine il corpo è sospeso

per il centro di gravità, il corpo sta in qualunque posizione e l'equilibrio si dice *indifferente.*

Una ruota sostenuta da un asse è in generale in equilibrio *indifferente:* la figura 22 mostra un caso di equilibrio stabile, poco comune, di un corpo sospeso per un punto molto prossimo al centro di gravità.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

III.

** Ieri sera l'inerzia di moto mi ha giocato un bel tiro.... che poteva finire male! In bicicletta correvo forse un po' troppo, e non ho potuto evitare un grosso sasso che ha fermato immediatamente la ruota anteriore, e mi ha scaraventato (malgrado le mie inutili proteste) sulla sponda erbosa della strada, fortunatamente deserta.*

La bicicletta ha continuato a strisciare sul suolo ancora per un bel tratto, senza gravi danni: ma se non vi fosse stato l'attrito, continuerebbe ancora a muoversi di moto uniforme e rettilineo, come se me l'avessero rubata! Sia benedetto anche l'attrito!

*** Oggi, prima della lezione di educazione fisica, ho potuto capire che Tonio pesa più di me; per equilibrare il suo peso all'altalena, dovevo pormi più distante dal fulcro, quasi mezzo metro più di lui che aveva due metri di trave dalla parte sua. E poichè conosco bene il mio peso, che è di 40 kg., ho detto a Tonio il suo.*

— Ci hai quasi indovinato, Guglielmo! Perciò ora ti batterò al pugilato. —

Ma piombarono lì, Rossi ed altri quattro compagni che ci trascinarono a far parte di due squadre di calcio.

Mentre nella mia parte di terzino volevo liberare onestamente la porta, il pallone fu colpito contemporaneamente anche da un avversario e uscì dal fondo. Àpriti Cielo! L'insegnante, subito intervenuto, non concesse il calcio d'angolo, perchè la direzione del pallone era risultante di due forze esercitate contemporaneamente su di esso, e non solo di quella mia, che era ben diretta.

Tonio, dalla rabbia, si sfogò a tenere il pallone in equilibrio sulla punta del naso per quasi un minuto. Che forma di equilibrio era quella?

CAPITOLO III.

Le macchine.

25. — Per ottenere l'equilibrio di due forze occorre spesso l'impiego di *corpi* o di *sistemi di corpi*, di forme particolari, che si dicono *macchine semplici*. Esse servono anche a produrre movimento od a modificare le caratteristiche della forza impiegata. Per esempio, disponendo di una forza che ha direzione verticale, si può, con una macchina, produrre un movimento orizzontale, e disponendo di una forza insufficiente a spostare un corpo, vi si può riuscire aumentando la sua intensità.

Fig. 23. — I TRE GENERI DI LEVA.

a) e *b*) di 1° genere; *c*) di 2° genere; *d*) di 3° genere. Il fulcro è sempre in *F*; le freccie indicano le potenze. Qual'è la potenza necessaria nel caso *b*)? Verificate se i pesi mostrati dalla figura sono giusti!

Sotto l'aspetto statico, cioè dell' equilibrio che possono realizzare, le macchine semplici si riducono a due soli tipi:

a) il *tipo della leva;*

b) il *tipo del piano inclinato.*

26. La leva. — In ogni macchina del tipo della leva, vi è un punto, od un asse, fisso. Si distinguono:

1°) la *leva propriamente detta* che è un'asta rigida a cui, in punti diversi dal punto fisso, detto *fulcro*, si applicano la forza agente o *potenza* e la forza vinta o *resistenza*. Quando l'equilibrio è raggiunto, (come nel caso dell'apparecchio della figura 18), il prodotto di ognuna delle due forze per la rispettiva distanza dal fulcro (*braccio di leva*) deve essere uguale.

Se il fulcro sta fra le due forze (fig. 23), la leva si dice di *primo genere;* sono leve di primo genere le *forbici*, le *tenaglie serrafili*, ecc.

Se i bracci sono uguali la resistenza è uguale alla potenza: si dice allora, che non vi è alcun *vantaggio*. Se il braccio della resistenza è minore di quello della potenza, si dice che c'è vantaggio rispetto allo sforzo; e viceversa.

Se la resistenza agisce tra la potenza ed il fulcro, la leva si dice di *secondo genere* e si ha sempre vantaggio. Sono leve di secondo genere la *carriola*, lo *schiaccianoci*, ed il *remo*. Nelle leve il *terzo genere*, invece, la potenza è intermedia tra il fulcro e la resistenza e si ha sempre svantaggio: il *braccio umano* ed il *pedale dell'arrotino* sono leve di terzo genere.

Nelle applicazioni al moto, anche la leva di terzo genere può essere utile, perchè produce un aumento di velocità;

2º) la *carrucola*, che è una ruota provvista di una gola, in cui si appoggia, senza sfuggirne, una fune od una catena.

Fig. 24. — I TRE GENERI DI CARRUCOLA.

Solamente nel primo caso la carrucola è fissa. Confrontate le tre potenze e le tre resistenze: se le funi venissero tirate con uguale velocità, come si muoverebbero i tre pesi?

Se l'asse della carrucola è fisso, e le forze in gioco sono applicate ai due capi della fune, si è ricondotti ad una leva di primo genere (fig. 24) senza vantaggio, ma spesso con comodità di impiego, come nel sollevamento di un secchio da un pozzo, a forza di braccia.

Ma al gancio che sostiene l'asse può invece essere applicata, sia la resistenza che la potenza: la figura 24 mostra questi tre modi di impiego ed il risultato che se ne trae. Le combinazioni di carrucole dànno luogo a diversi strumenti che si dicono *paranchi* o *taglie* (fig. 25).

3º) l'*asse della ruota*, che si può considerare formato da due carrucole di diametro diverso, adattate allo stesso asse, e quindi riducibile ad una leva di primo genere a braccia disuguali (fig. 26);

4º) le *ruote dentate*, che si trasmettono il moto mediante sporgenze tutte uguali, dette *denti*, il cui numero è proporzionale ai diametri delle singole ruote. Servono a trasmettere lo sforzo di rotazione da un asse ad un altro qualunque, secondo la regola che l'asse dotato di velocità maggiore, reagisce con uno sforzo proporzionatamente minore (fig. 27).

Fig. 25. — Sistemi di carrucole.

Da sinistra verso destra: carrucola fissa carrucola mobile; due tipi di *taglia*. (*Off. Galileo*).

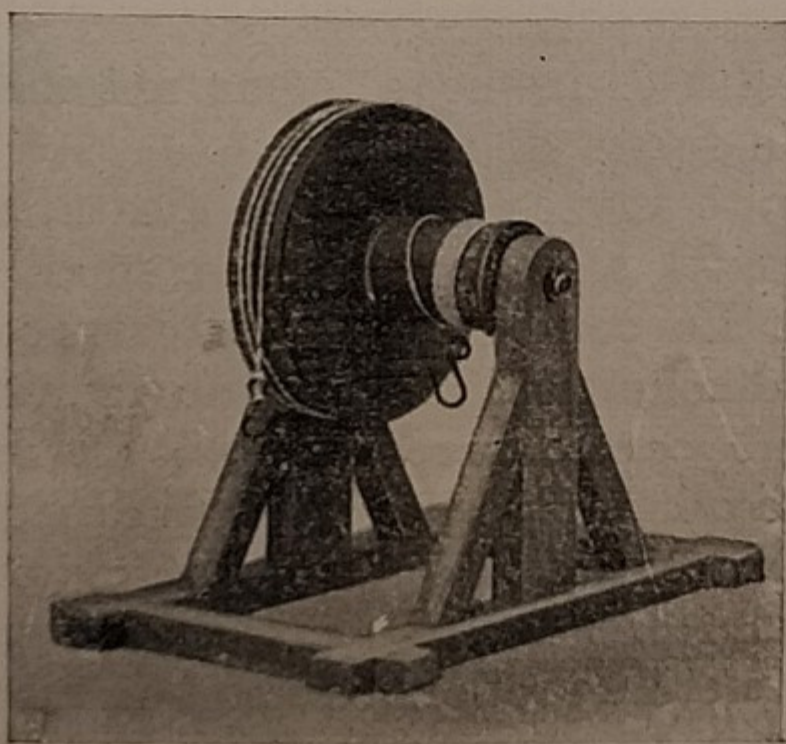



Fig. 26. — Modello di asse della ruota.

Se il diametro della ruota maggiore è il quadruplo di quello della ruota minore, un peso attaccato alla prima equilibra un peso quadruplo attaccato alla seconda. (*Off. Galileo*).

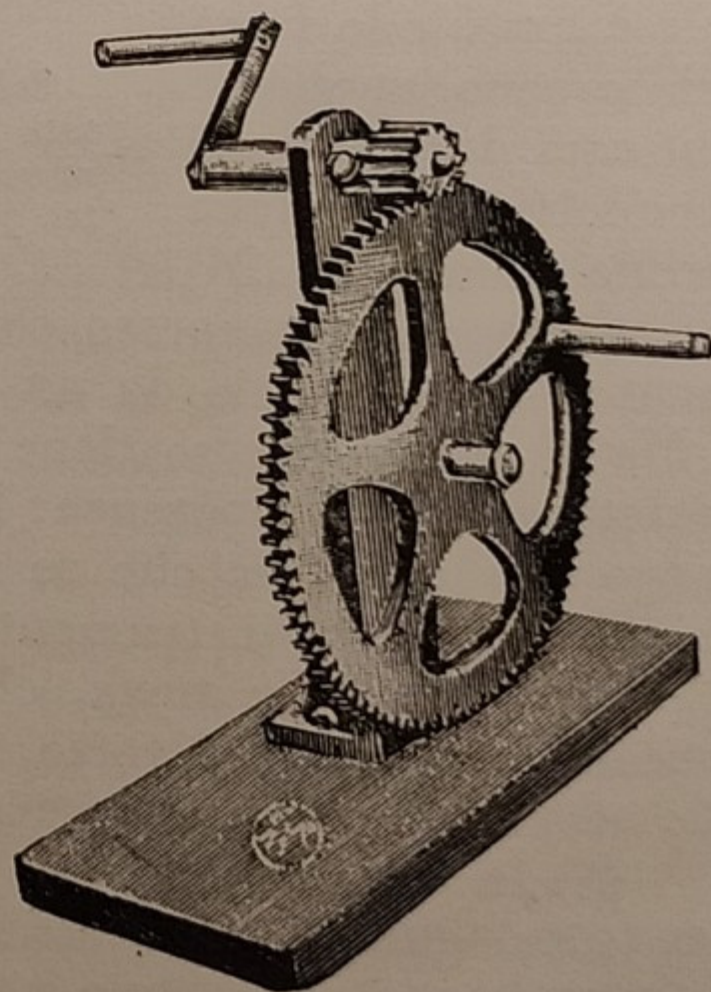



Fig. 27. — Coppia di ingranaggi.

Il numero dei denti delle due ruote è, rispettivamente, 12 e 90. Le velocità di rotazione dei due assi stanno tra loro come i numeri 90 e 12. Quanti giri farà la manovella più piccola mentre la più grande ne compie uno?

27. Piano inclinato. — Per piano inclinato, s'intende ogni piano rigido non parallelo, nè perpendicolare alla direzione della forza agente contro di esso. Se parallelo non servirebbe a nulla, se perpendicolare, annullerebbe la forza senza agire come macchina.

Quando una botte viene caricata su di un carro facendola rotolare su per una coppia di travi, si fa uso di un piano inclinato. Per un veicolo, la strada in salita è un piano inclinato. Lo sforzo che deve fare il motore di un'automobile od un cavallo, per trascinare il veicolo in salita, in più dello sforzo necessario per trascinarlo lungo una strada orizzontale, è tanto maggiore quanto più inclinata è la salita, cioè quanto più elevata è l'altezza raggiunta a parità di lunghezza della strada.

Fig. 28. — LEGGE DEL PIANO INCLINATO.

I due piani inclinati hanno la stessa altezza, 3, ma lunghezza diversa, rispettivamente di 6 e di 4 unità. Verificate che i pesi necessari a trattenere il corpo sono rispettivamente di $^3/_6$ e di $^3/_4$ del peso di questo.

Analogamente, per trattenere un corpo capace di scorrere senza impedimenti di alcun genere lungo un piano inclinato, è necessaria una forza uguale al peso del corpo, ridotto nel rapporto tra l'altezza a cui si trova il corpo e la lunghezza del cammino che deve percorrere lungo il piano per scendere di quella altezza (fig. 28).

Fig. 29. — GENERAZIONE DELL' ELICA CILINDRICA.

Il pezzo di cartoncino che si avvolge attorno al pezzo cilindrico di legno, ha la forma di un triangolo rettangolo di cui un cateto è fissato sul cilindro e l'altro può avvolgersi attorno allo stesso esattamente due volte. L'ipotenusa si dispone allora lungo la superficie del cilindro, secondo una linea detta elica cilindrica.

(*Off. Galileo*).

28. La vite. — È un'applicazione molto comune ed importante del piano inclinato. La vite viene fabbricata incavando attorno ad un corpo cilindrico un solco di pendenza costante, cioè tale che, ad ogni giro esso proceda di una stessa lunghezza nel senso dell'asse: tale lunghezza, che è anche la distanza fra una spira e l'altra della vite, si dice *passo*.

Se la linea della vite, detta *elica*

cilindrica, viene distesa su di un piano, si ottiene la figura del piano inclinato (fig. 29). La vite può ruotare in un *dado* forato, nella parte interna del quale vi è una sporgenza di profilo perfettamente uguale a quello del solco (fig. 30); se la vite serve a moltiplicare uno sforzo di trazione, la potenza agisce sulla testa della vite che gira, ma non può avanzare, mentre la resistenza si applica al dado, che avanza, ma non può girare.

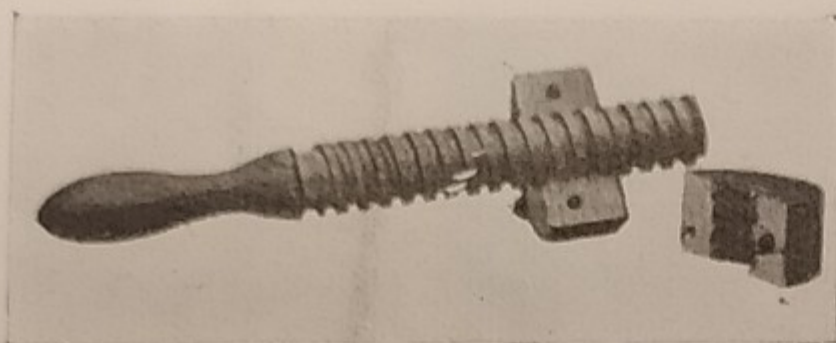



Fig. 30. — Vite e madrevite.

In questo modello la madrevite è divisa in due parti, per mostrare anche la forma del solco interno della madrevite. (*Off. Galileo*).

29. Bilancia. — È lo strumento che serve a determinare il peso dei corpi confrontandolo col chilogrammo.

La bilancia a due piatti, è una leva di primo genere a bracci uguali (fig. 31).

La bilancia deve essere di per sè equilibrata cioè, quando è scarica, il suo *giogo* deve mantenersi orizzontale. Voi sapete bene come si adopera: i pesi graduati che si pongono in uno dei piatti per equilibrarla di nuovo, sommati assieme misurano il peso del corpo. I pesi della *pesiera* sono tali che è possibile formare con essi qualunque multiplo del peso minore a cui la bilancia è sensibile, ed il loro peso totale è il massimo che la bilancia può sopportare senza guastarsi (figura 32). La bilancia deve essere *pronta*, cioè raggiungere l'equilibrio senza troppe oscillazioni e *sensibile* cioè accusare l'aggiunta su di un piatto, di un peso anche piccolo.

Nei laboratori scientifici sono comuni le bilance sensibili al decimo di milligrammo (fig. 33).

La bilancia di Roberval ha il giogo sotto

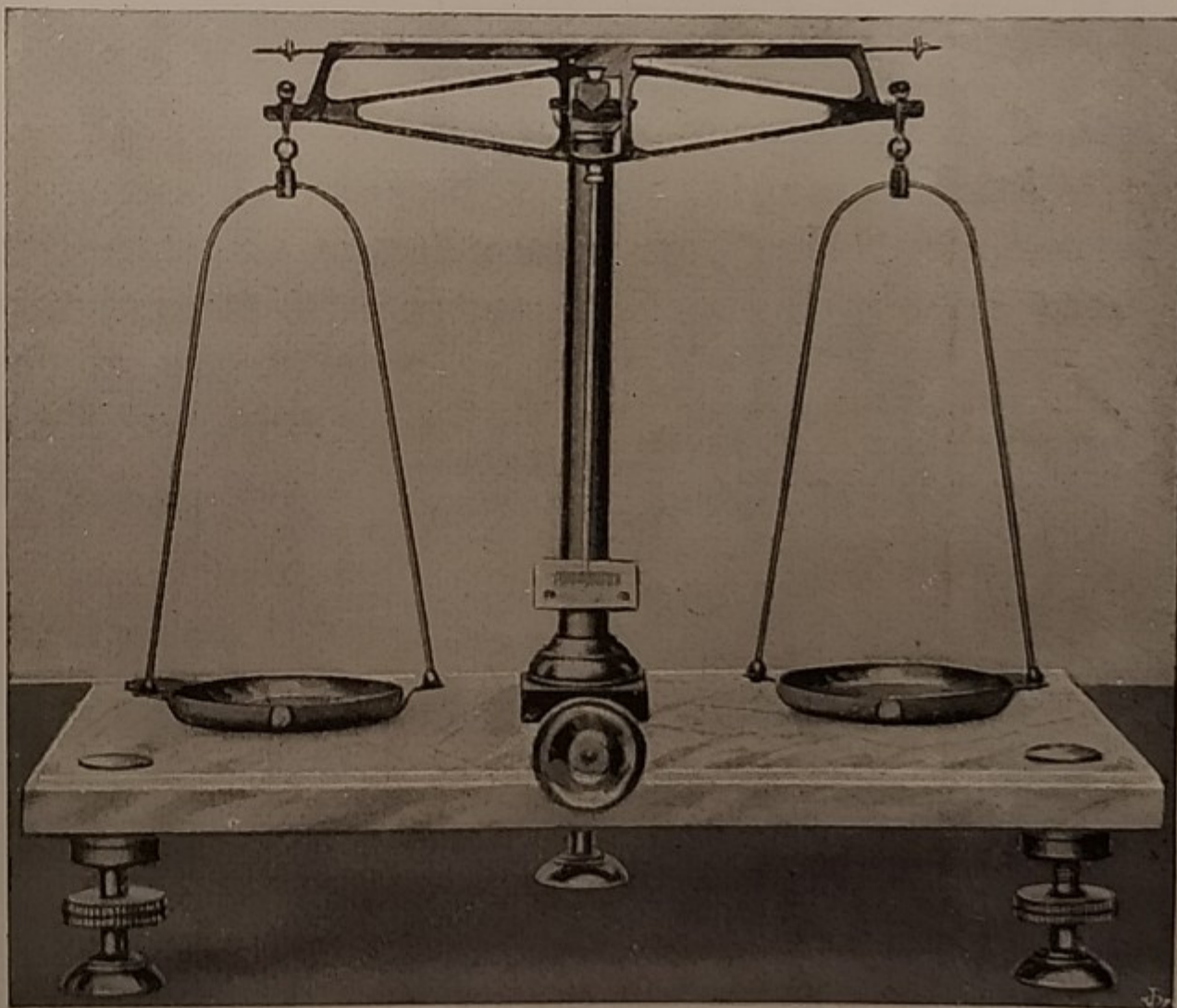



Fig. 31. — Una bilancia.

Si distinguono il giogo a bracci uguali, col suo coltello di appoggio, ed un indice per mostrare se la bilancia è in equilibrio. La vite centrale posta alla base del sostegno serve per abbassare il giogo e renderlo immobile quando la bilancia non deve funzionare. (*Off. Galileo*).

Fig. 32. — Una pesiera.
(*Off. Galileo*).

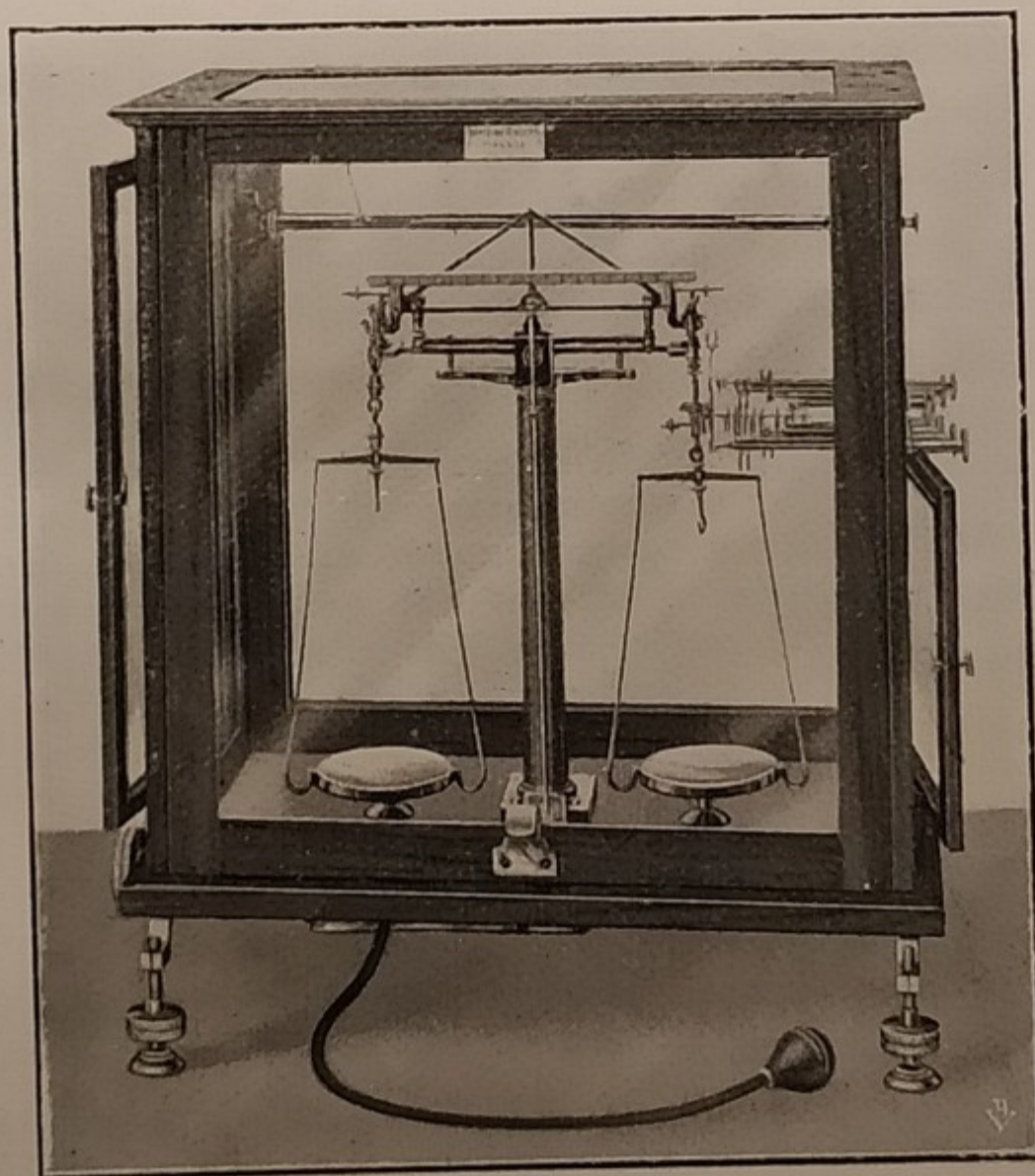



Fig. 33. — Bilancia di precisione.

La vetrina serve per riparare lo strumento dalle correnti di aria che disturberebbero le pesate. Questa bilancia ha la portata di grammi 200 e la sensibilità di 0,1 milligrammi.

Il più piccolo peso maneggiabile è rappresentato da un filo di platino del peso di 0,01 grammi, che viene appoggiato mediante piccole leve mosse dall'esterno, in punti diversi del giogo diviso in 200 parti uguali. (*Off. Galileo*).

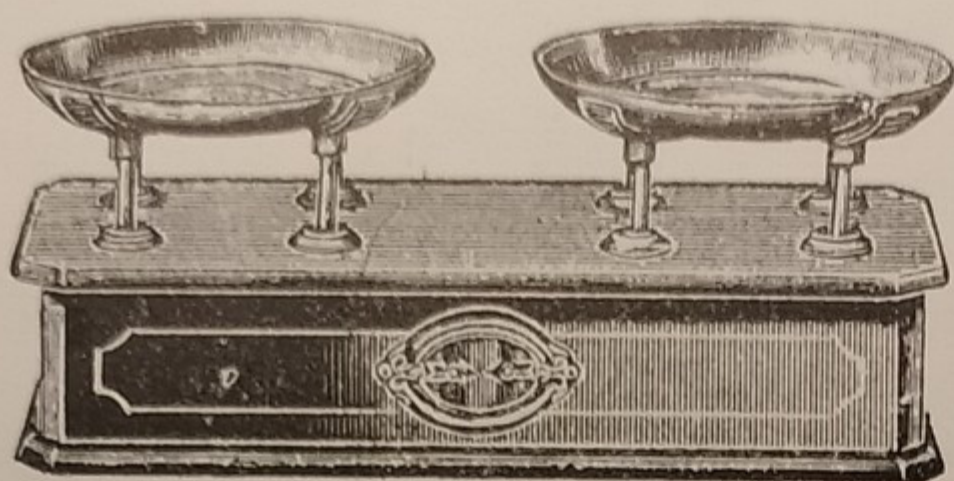



Fig. 34. — Bilancia di Roberval.

Durante le oscillazioni i piatti si mantengono orizzontali.

i piatti: è più comoda ma meno sensibile delle bilance a sospensione (fig. 34).

La *stadera* è anch'essa una leva di primo genere, lungo un braccio della quale può scorrere un peso detto *marco* che serve ad equilibrare il corpo da pesare. Questo viene posto su di un piatto o sospeso ad un gancio che si trovano dall'altra parte del fulcro (fig. 35). Dalla parte del piatto varia il peso incognito ma non il braccio, dall'altra parte il peso è costante, e la lunghezza del braccio necessario all'equilibrio misura il peso incognito.

Ora sono molto in uso le *bilance automatiche*, in cui la deformazione di un sistema di leve pesanti sotto l'azione del peso da determinare, è indicata su di un quadrante di facile lettura. La lettura va fatta ponendosi bene di fronte alla scala. Esse permettono un peso molto rapido, ma si prestano ad inganni; devono essere collocate su di un piano orizzontale.

Fig. 35. — Stadera a due portate.

In questo modello il peso incognito è sempre attaccato al gancio di sinistra; sull'asta vi sono due scale che corrispondono all'impiego, come sostegno, di uno degli altri due ganci. Se per la sospensione della stadera si usasse l'altro gancio, la portata sarebbe aumentata o diminuita? (*Off. Galileo*).

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

IV.

** La mia bicicletta è ora in ordine dopo il capitombolo dell'altro giorno! L'ho osservata con più piacere adesso che capisco il funzionamento delle sue parti.*

La pedivella funziona come una leva: ma la resistenza, rappresentata dalla catena, è applicata sulla periferia della grossa ruota dentata. La pedivella è lunga 17 cm. e la ruota (o moltiplica, *come dice il meccanico*) *ha il raggio di 10 cm. Lo sforzo dei miei piedi è dunque moltiplicato per 17/10.*

La ruota dentata ha, a sua volta, 48 denti e la ruota dentata più piccola o rocchetto, che trascina la ruota posteriore della bicicletta, ne ha 20; esse agiscono come due ruote dentate accoppiate direttamente. Il mio sforzo va moltiplicato dunque per 20/48, cioè è ridotto.

La ruota motrice ed il rocchetto dentato hanno i diametri rispettivamente di cm. 70 e cm. 7: ecco dunque una nuova riduzione di sforzo. Il risultato finale è che la velocità dei miei piedi è moltiplicata all'incirca per 14: ho detto bene? Nelle forti salite mi converrebbe avere un rapporto di velocità più piccolo per sviluppare uno sforzo maggiore e per non tirare troppo fuori la lingua!

*** Mi sono fermato oggi per la via ad osservare alcuni operai che dovevano smuovere un grosso blocco di pietra, certamente del peso di parecchie tonnellate, per la costruzione di un palazzo. Avevano certi arnesi, che sembravano cassette di legno, con una manovella laterale ed un grosso ferro uncinato che spuntava dalla cassetta girando la manovella: si chiamano* binde. *La binda veniva appoggiata saldamente al suolo, ed il ferro sporgente sollevava la pietra. Pur non sapendo come lo strumento sia congegnato nella parte interna, ho capito perchè bastasse un solo operaio a smuovere la pietra: il percorso delle sue mani poteva essere di due metri ad ogni giro di manovella, ma il ferro uncinato non si sollevava che di 1 cm. per giro: la velocità essendo dunque ridotta 200 volte, lo sforzo era moltiplicato nello stesso rapporto.*

Calcolando che lo sforzo dell'operaio potesse valere 30 kg. si produceva uno sforzo utile di 6 tonn., sufficiente a smuovere la pietra.

CAPITOLO IV.

La dinamica.

30. — Lo studio che abbiamo fatto del moto dei corpi prescindeva dalle cause che lo potevano produrre o modificare, cioè dalle forze; quello dell'equilibrio o della quiete dei corpi, considerati come effetti delle forze, prescindeva invece dalla possibilità di moto dei corpi e da ciò che si manifesterebbe durante il moto.

Lo studio del moto sotto tutti i suoi aspetti, è oggetto, invece, della *dinamica*, che è dunque la vera meccanica.

31. Galileo Galilei. — Circa tre secoli or sono questo grande italiano enunciò il principio che se una forza costante agisce su di un corpo, la velocità del moto dovuto ad essa non è costante, ma cre-

scente; è invece costante la *variazione di velocità nell'unità di tempo* cioè l'*accelerazione.*

L'intuizione può suggerirci che la forza d'attrazione della terra sui corpi, cioè il loro peso, è costante durante la caduta. Galileo lo provò, facendo scendere un corpo lungo un piano inclinato, allo scopo di rallentare il moto e di studiarlo più agevolmente, e constatò che il moto è appunto uniformemente accelerato.

Occorre usare un piano ben levigato di acciaio o di vetro, e dei corpi perfettamente sferici e duri, (come una palla da biliardo od una sfera da cuscinetti) per ottenere risultati esatti.

Se la velocità di caduta, come nel caso dei corpi liberi, è troppo grande, abbiamo già detto che, a causa della resistenza dell'aria, l'accelerazione diminuisce ed il moto può divenire uniforme.

32. Variazione del peso dei corpi. — Che il peso di un corpo sia esattamente costante, è vero solamente se il corpo sta fermo rispetto alla Terra. Mediante dinamometri molto sensibili, od osservando le oscillazioni di pendoli speciali, ci si è accorti poi, che, nei vari punti della superficie della Terra, il peso di un corpo assume valori poco diversi e precisamente che il peso diminuisce avvicinandosi all'Equatore, ed aumenta, avvicinandosi ai poli.

Ecco i valori dell'accelerazione g dei corpi a diverse latitudini:

ai poli . . . . $g = 983$ cm. al secondo
alla latitudine di Roma . . . . $g = 980{,}3$ » »
all'Equatore . . . . $g = 978$ » »

Già vedemmo che ciò significa che, nel vuoto, a Roma, la velocità di un corpo che cade aumenta ad ogni secondo di m. 9,803 e così via.

I valori di g surriferiti ci insegnano anche che un litro di acqua pesa ai poli circa cinque grammi di più che all'Equatore.

Anche sollevando un corpo, cioè allontanandolo dalla Terra, il suo peso diminuisce: questa diminuzione è trascurabile per i dislivelli che l'uomo ha potuto finora sperimentare. Bisognerebbe innalzarsi a cento chilometri di altezza sul livello del mare, per trovare una diminuzione di circa un sesto del peso dei corpi.

33. Invariabilità della massa. — Comunque varî l'intensità della forza agente su di un corpo, resta invariato il rapporto tra questa intensità ed il valore dell'accelerazione prodotto dalla forza. Questo rapporto invariabile per ogni corpo, e che misura anche la quantità di materia contenuta nei diversi corpi, si dice *massa.*

L'invariabilità della massa è stata provata da Galileo, facendo cadere uno stesso corpo lungo piani diversamente inclinati e misurando l'accelerazione subita.

Anche l'inerzia è una manifestazione della massa dei corpi: perciò, per fermare coi freni e nello stesso spazio un veicolo di massa doppia di un altro ed avente la stessa velocità, occorre sviluppare una forza d'attrito doppia, e per imprimere nello stesso tempo ai due veicoli la stessa velocità occorrono motori la cui potenza sta nell'identico rapporto.

L'esempio tipico di proporzionalità tra la massa di un corpo e la forza ad esso applicata, è quello offerto dalla forza di gravità in un dato punto della superficie della Terra, perchè si constata che tutti i corpi cadono con la stessa accelerazione.

Per confrontare le masse di corpi diversi, basta dunque misurare le diverse forze attrattive esercitate su di essi dalla Terra cioè i loro *pesi* e perciò la determinazione delle masse relative si può eseguire con le bilance. *L'uguaglianza fra i pesi ci convincerà dell' uguaglianza delle masse.*

La massa presa per *unità* è quella di un *grammo* cioè è rappresentata da un centimetro cubico di acqua distillata alla temperatura di quattro gradi centigradi. La massa ed il peso d'un corpo sono espressi dunque dallo stesso numero, ciò ma non significa che essi siano la stessa cosa.

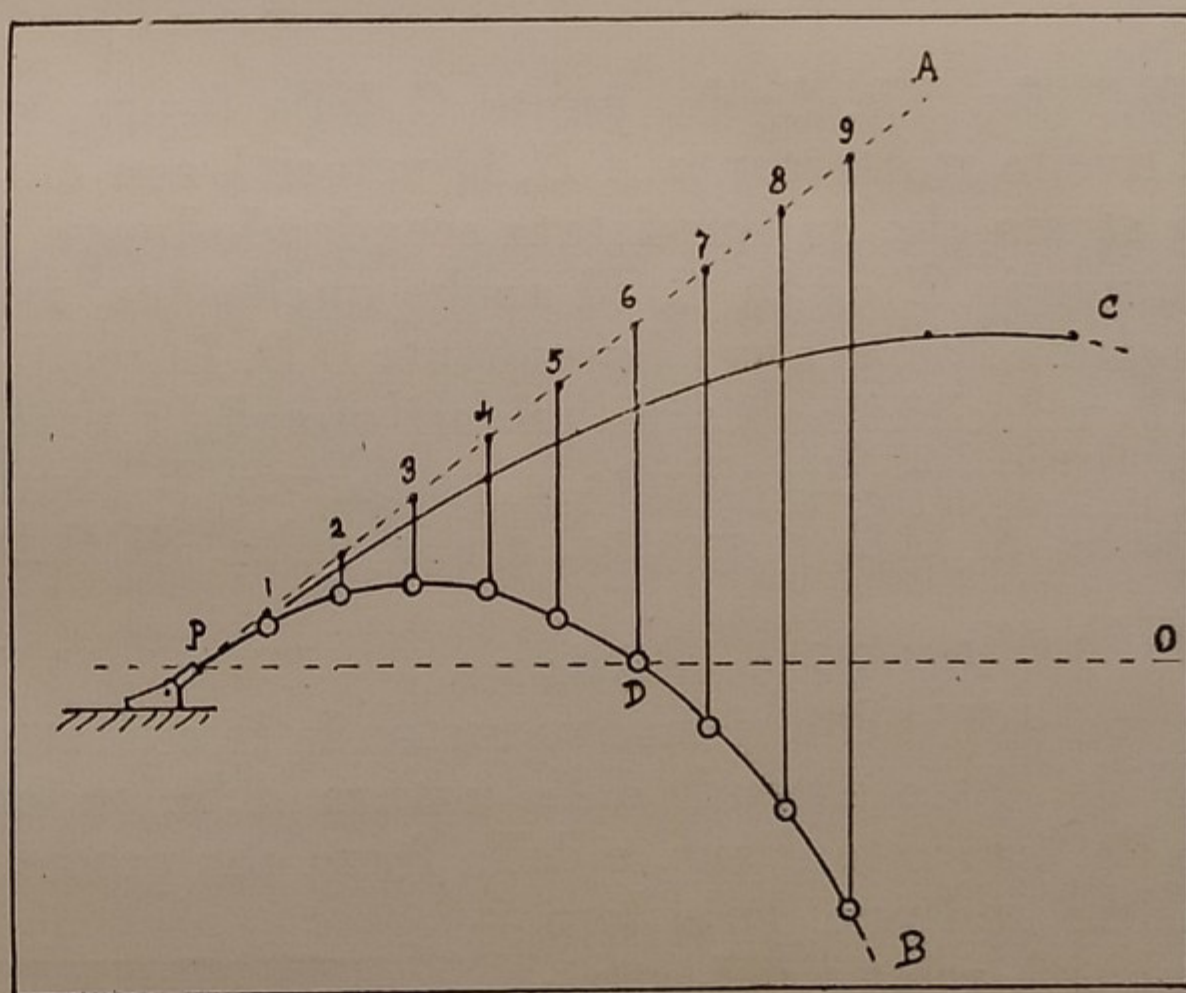



Fig. 36. — Moto dei proiettili nel vuoto.

Le linee $P\,B$ e $P\,C$ sono parabole. $P\,A$ è la direzione di lancio. I punti da *1* a *9* rappresentano le posizioni che sarebbero raggiunte dal proiettile con moto uniforme se non vi fossero nè la gravità nè la resistenza dell'aria. I segmenti verticali abbassati da *1*, *2*, *3*, ecc., hanno lunghezze che stanno tra loro come *1*, *4*, *9*, *16*, ecc., rappresentano, cioè, gli spazi che sarebbero percorsi nel moto di caduta verticale. La parabola $P\,C$ si ottiene con una velocità di lancio doppia di quella che produce la parabola $P\,B$.

34. Ancora sul moto di caduta dei corpi. — Quando un corpo è lanciato nel vuoto in direzione non verticale, come accade in generale ad un sasso o ad un proiettile, la traiettoria non è più rettilinea e la curva percorsa è detta *parabola* (fig. 36). La *gettata del tiro* (cioè la distanza $P\,D$ della figura) nell'aria è, necessariamente, inferiore a quella che si avrebbe se il proiettile si muovesse nel vuoto. La massima gittata non si ha per l'angolo di tiro $A\hat{P}O$ di 45°, come vorrebbe la teoria, ma con un angolo

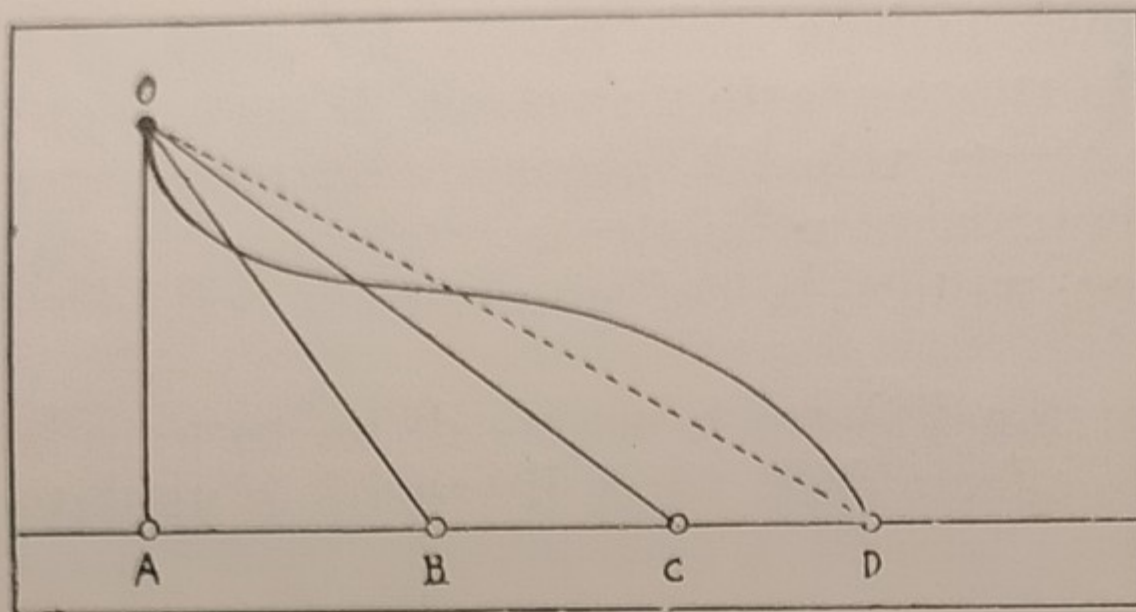



Fig. 37. — Caduta di un corpo lungo traiettorie diverse.

Se $O A$ è verticale ed $A D$ orizzontale, un corpo cadendo da A, giunge in B, od in C, od in D, sempre con la stessa velocità, qualunque sia il cammino percorso.

maggiore perchè i proiettili raggiungono regioni in cui la resistenza dell'aria è molto diminuita.

Quando un proiettile cadendo, raggiunge lo stesso livello da cui è stato lanciato, la velocità dovrebbe essere eguale a quella *iniziale* o *di lancio*. Fatti analoghi si verificano nella caduta di un corpo lungo un piano inclinato, che non offra al moto del corpo attriti sensibili (fig. 37). Se dal punto O della figura, un corpo deve raggiungere il livello stottostante $A D$, la velocità con cui, cadendo, arriva in A, è la stessa che ha acquistata scendendo lungo $O B$ o lungo $O C$, quando giunge in B od in C, ed anche quella che avrebbe raggiunto lungo il cammino comunque discendente $O D$. In realtà l'attrito rallenta il moto, e le velocità finali sono minori quando i percorsi sono maggiori. Inoltre, il tempo impiegato a percorrere il cammino $O D$ è maggiore di quello di $O C$, e questo, a sua volta, di $O B$ e di $O A$.

35. Attriti e resistenze. — L'*attrito* è l'ostacolo che trova un corpo solido che si muove restando in contatto con un altro corpo pure solido. Esso dipende dalla natura delle superfici di contatto, ma non dalla loro estensione, e dalla forza che preme i due corpi l'uno contro l'altro, ma non dalla loro velocità relativa. L'attrito si dice *radente* se i due corpi strisciano l'uno contro l'altro, come nel caso di un corpo appoggiato su di un piano e tirato con una fune (fig. 38); si dice *volvente* quando un corpo rotola su di un altro, come fa la superficie esterna di una ruota sul suolo. L'attrito volvente è sempre molto minore di quello radente: ma, neanche nei perni delle ruote,

Fig. 38. — Attrito radente.

La forza necessaria a trascinare il prisma del peso di 10 kg. lungo il piano orizzontale, dipende dalla natura delle superfici di contatto. Se la forza necessaria fosse ad esempio di 3 kg., il suo valore non muterebbe appoggiando il prisma per un'altra faccia qualunque.

l'attrito radente si può eliminare del tutto. La lubrificazione delle superficî di contatto riduce in ogni caso gli attriti.

Per *resistenze* si intendono, invece, gli ostacoli opposti dai corpi fluidi al moto di un corpo solido entro di essi. Esse dipendono essenzialmente dalla forma esterna del solido e specialmente dalla forma della parte anteriore. La forma di minore resistenza all'avanzamento, è all'incirca quella degli uccelli e dei pesci, cioè appuntita e rotondeggiante sul davanti, ed affusolata anche posteriormente per tre quarti, circa, della lunghezza (fig. 39).

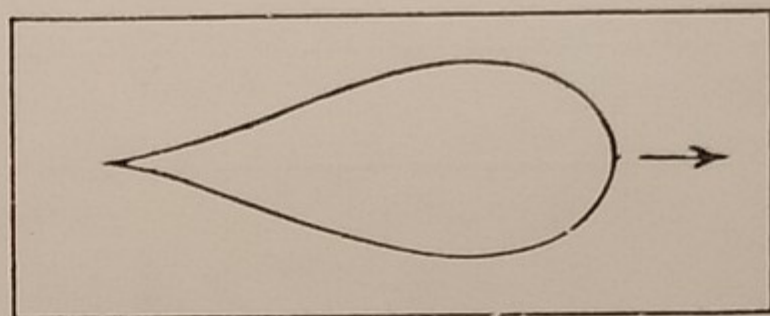



Fig. 39. — Sezione di un solido di minima resistenza.

È la forma più adatta alla penetrazione di un solido in un fluido. Vi si conformano i dirigibili, le navi e le sezioni longitudinali di tutti i corpi veloci.

Le resistenze dipendono naturalmente anche dalla natura del fluido, e crescono molto più rapidamente della velocità del corpo.

36. Il pendolo. — Un'altra grande gloriosa scoperta di Galileo è quella delle leggi fondamentali del pendolo. Il pendolo nella sua forma più semplice è formato da un corpo piccolo e pesante *A* (fig. 40) sospeso con un filo flessibile e sottile ad un punto fisso *O*; ma qualunque corpo sospeso per un asse che non passa per il centro di gravità si può considerare un pendolo. Spostato il corpo della posizione di riposo fino in *B*, esso ritorna in quiete dopo aver oscillato più volte al di qua ed al di là del punto *A*, raggiungendo due posizioni, *B* e *C* ugualmente elevate. La loro distanza, od *ampiezza* dell'oscillazione, va gradatamente diminuendo, a causa degli attriti e delle resistenze, fino a ridursi al punto *A*, quando il pendolo è ritornato in quiete.

Fig. 40. — Moto del pendolo.

Il corpo *A* è sospeso con un filo in *O* ed oscilla da *B* in *C*. La velocità è massima in *A* ed è nulla in *B* ed in *C*; l'accelerazione del movimento pendolare è nulla in *A* e massima, e di segno contrario, in *B* ed in *C*.

Confrontando la durata delle oscillazioni di una lampada del Duomo di Pisa coi battiti del suo polso, Galileo trovò che *le oscillazioni di un pendolo si compiono in tempi uguali*.

Tutti sanno che il pendolo *batte il tempo*, e che perciò si usa per regolare il movimento degli orologi fissi. Il moto di va e vieni lungo l'arco *B C*, nel caso che il pendolo sia molto lungo, o meglio, che

l'angolo $C\hat{O}B$ sia molto piccolo è, proprio il moto oscillatorio già studiato nel primo capitolo della meccanica. In tali condizioni, il periodo di oscillazione dipende solo dalla lunghezza del pendolo, cioè dalla distanza OA, ma non dal peso nè dalla massa del corpo A. Un aumento di lunghezza, accresce il periodo di oscillazione; ma occorre un pendolo quattro volte più lungo di un altro perchè il periodo di oscillazione divenga doppio (fig. 41), nove volte più lungo per avere un periodo triplo, e così via.

Fig. 41. — Diversa durata delle oscillazioni.

I pendoli OB_1, OB_2, OB_3, hanno lunghezze che stanno tra loro come 1, 4, 9. Essi sono partiti contemporaneamente dalle posizioni A_1, A_2, A_3, e si trovano nello stesso stante nelle posizioni indicate. Le durate delle loro oscillazioni stanno dunque come 1, 2 e 3, che sono le radici quadrate di 1, 4, e 9.

Anche le variazioni dell'accelerazione influiscono sulla durata delle oscillazioni, allungandola, se l'accelerazione diminuisce: queste variazioni sono molto piccole, e servono per determinare con pendoli speciali, detti *geodetici*, le variazioni dell'accelerazione di gravità da luogo a luogo.

Il periodo di oscillazione completa di un pendolo lungo un metro, è, molto approssimativamente, di due secondi.

37. La forza centrifuga. — Se un corpo percorre una traiettoria curvilinea anzichè rettilinea, come vorrebbe la sua inerzia, deve esistere una forza deviatrice che ve lo costringe: questa forza è detta *centripeta*. Infatti, se un treno percorre una curva, la forza è dovuta alla forma delle rotaie; se un sasso gira perchè legato ad un filo tenuto fermo nella mano, la forza deviatrice è dovuta al filo; nella rotazione di una ruota, è la rigidità delle sue parti che costringe tutti i punti della ruota a girare attorno all'asse.

L'inerzia del corpo si manifesta con una reazione uguale e contraria alla forza deviatrice, che è detta *forza centrifuga* perchè tende ad allontanare il corpo dal centro della curva in senso radiale. Finchè dura il moto circolare uniforme, le due forze, centripeta e centrifuga, si fanno continuamente equilibrio; ma se si rompe, ad esempio, il filo che trattiene il sasso quando sta nella posizione A (fig. 42), il sasso continua a muoversi nella direzione della tangente AB colla velocità lineare posseduta in quel momento e non secondo il raggio OA.

Quando cessa dunque la forza deviatrice, cessa contemporaneamente anche la forza centrifuga.

Trovandoci su di un veicolo che percorre una curva, noi sentiamo infatti questa forza centrifuga, come accelerazione impressa al nostro corpo: essa è tanto maggiore, a parità di altre condizioni, quanto più piccolo è il raggio della curva o quanto più grande è il quadrato della velocità lineare del corpo.

Così se un treno percorresse due volte una stessa curva con velocità diversa, per esempio di 30 e di 60 km. all'ora, nel secondo caso si svilupperebbe una forza centrifuga quattro volte maggiore che nel primo caso.

Fig. 42. — La forza centrifuga.

Il corpo *A*, che può essere legato al punto *O* con un filo, descrive la circonferenza di moto uniforme. Se in *A* cessa la forza deviatrice o centripeta del filo, *A* continua a muoversi secondo la tangente *A B* e non si allontana secondo il raggio *O A*, come qualcuno può credere.

Ma se con una medesima velocità quel treno percorre due curve di raggio diverso, per esempio di m. 500 e di m. 1000, la forza centrifuga è nel secondo caso la metà di quella del primo.

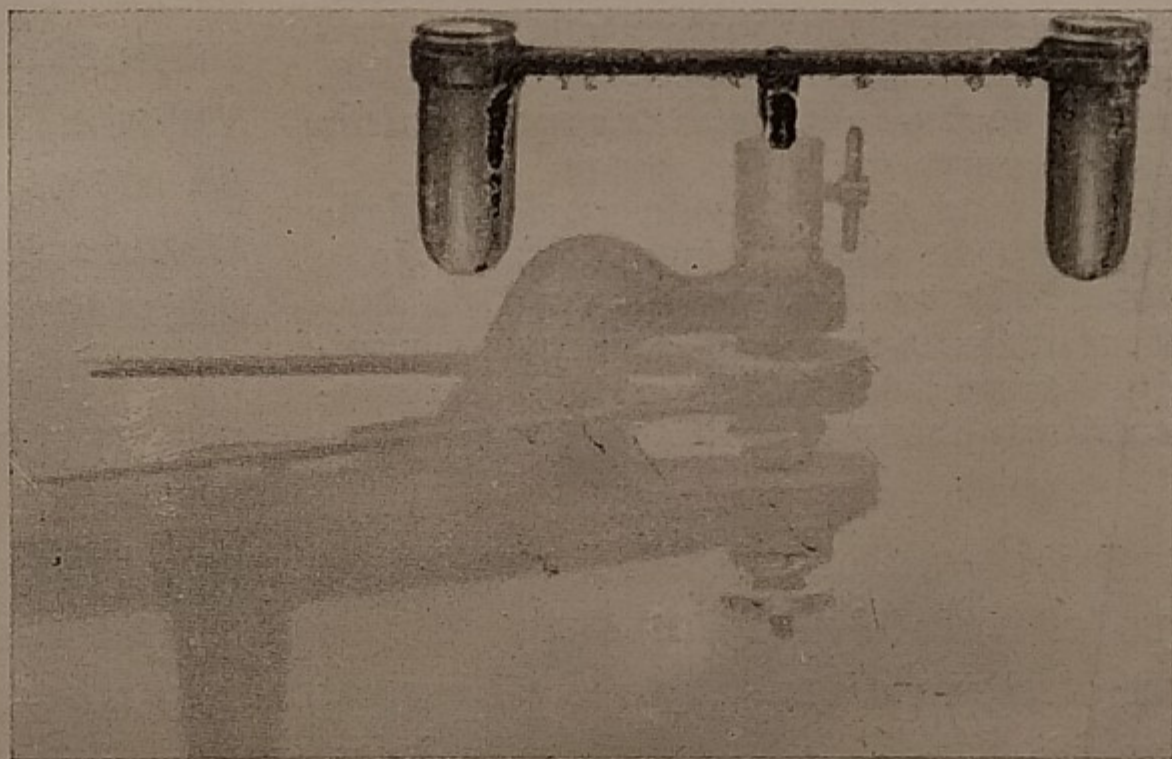



Fig. 43. — Il principio delle macchine centrifughe.

Facendo roteare rapidamente l'apparecchio, le due provette si dispongono in un piano orizzontale. Se esse sono state riempite di acqua in cui sia sospesa dell'argilla o della creta, la forza centrifuga fa depositare la creta sul fondo; questa si può così separare dall'acqua. (*Off. Galileo*).

Innumerevoli sono le applicazioni della forza suddetta. Con le macchine dette «centrifughe» (fig. 43) si riesce a separare un corpo

liquido da un corpo solido od a concentrare ed estrarre una sostanza disciolta in un liquido.

Poichè la forza centrifuga si può considerare applicata nel centro di gravità di un corpo, che per un veicolo sta sopra il piano d'appoggio delle ruote, essa tende a rovesciare il veicolo verso l'esterno della curva. Per equilibrare quella forza un ciclista si inclina verso l'interno della curva nell'eseguirla velocemente, e, nelle strade ferrate, la rotaia esterna di una curva è sopraelevata rispetto a quella interna (fig. 44).

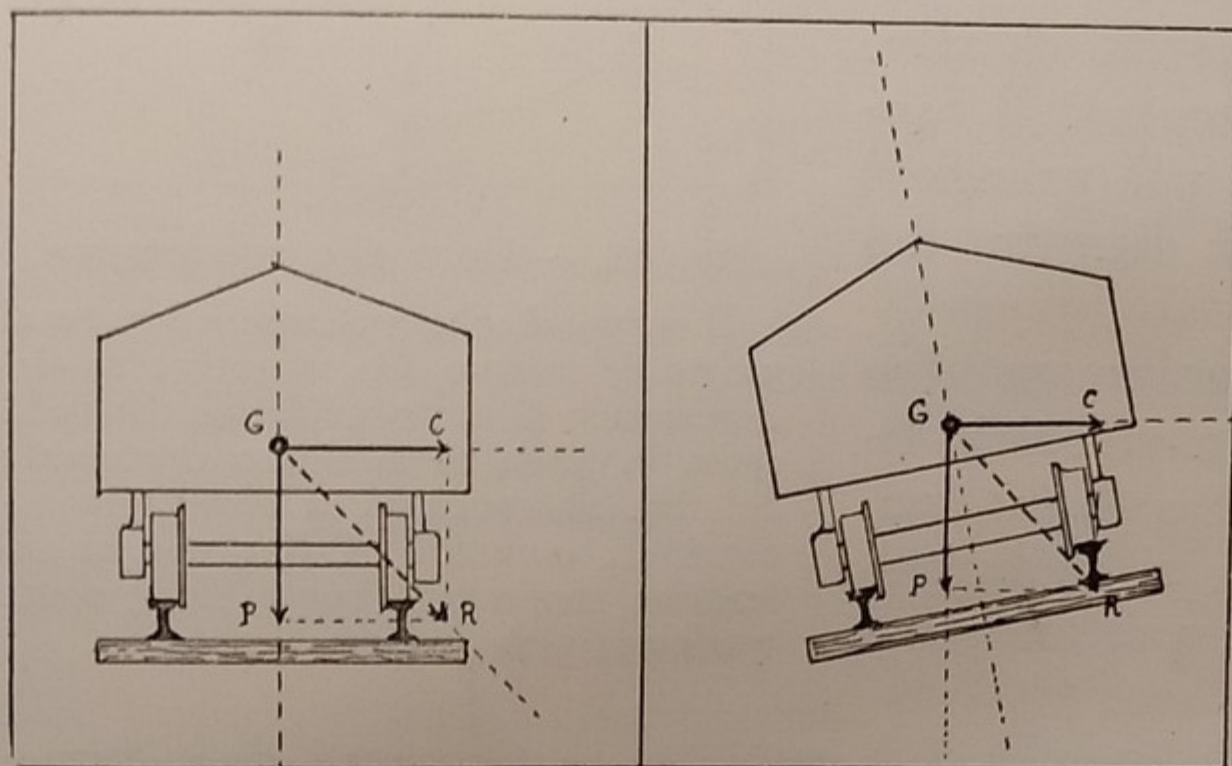



Fig. 44. — PERCHÈ LE ROTAIE DEL TRENO, NON SONO NELLE CURVE, ALLO STESSO LIVELLO.

Se si immagina che il vagone disegnato in sezione nella mezza figura di sinistra percorre una curva voltando a sinistra mentre si allontana da voi, *G C* rappresenta la forza centrifuga. Nel centro di gravità *G* è anche applicato il peso *G P*. La risultante *R* passerebbe fuori del piano di appoggio delle ruote ed il vagone si rovescerebbe verso destra.

Nella mezza figura di destra si vede che la pendenza delle rotaie riporta la risultante *R* entro il piano delle rotaie, e quel pericolo è evitato. Nella pratica, sarebbe però già dannoso alla conservazione della linea e dei veicoli che la risultante passasse fuori del terzo interno della rotaia. Fortunatamente la forza centrifuga è sempre molto minore del peso.

38. Principio di Newton. — Il fenomeno dell'equilibrio continuo che vi è tra forza centrifuga e forza centripeta nel moto circolare uniforme, non è che un caso particolare di una legge fisica importantissima, dovuta a Newton, per cui *ad ogni azione corrisponde sempre una reazione uguale e contraria.*

Infatti, se vogliamo spingere un corpo immobile, occorre puntare i piedi contro il suolo o meglio contro un appoggio che resista almeno allo sforzo che dobbiamo sviluppare; se con una fune tirate a voi una barca, stando in un'altra uguale ed ugualmente libera, ambedue le barche si muovono l'una verso l'altra e si spostano di uguale spazio perchè sono uguali le azioni che si esercitano su di esse. Gli spostamenti sono diversi se le due imbarcazioni incontrano nel moto resistenze diverse o se una delle due imbarcazioni è più grande dell'altra; ma uno spostamento c'è sempre per ambedue, contrariamente all'idea che sia solamente la barca più piccola che si avvicini alla più grande (fig. 45).

Nelle armi da fuoco la forza sviluppata dall'esplosione della polvere esercita la sua azione tanto sull'arma che sul proiettile. Nel momento in cui questo si stacca dalla bocca dell'arma, l'arma subisce,

in senso opposto al moto del proiettile, un contraccolpo detto *rinculo* la cui azione è dinamicamente equivalente a quella del proiettile.

Oltre quello della forza centrifuga, un esempio interessantissimo di equilibrio dinamico, si ha nelle forze che regolano il moto dei corpi celesti. In questo caso le forze di attrazione, per esempio quelle che si esercitano fra il Sole e la Terra, sono reciproche ed uguali, come vuole il principio di Newton, crescono come crescono le masse dei corpi sui quali agiscono e diminuiscono secondo il quadrato delle distanze.

Se la Terra, a causa della sua minore massa, ruota attorno al Sole, non vi cade però in modo apprezzabile, perchè in questo moto di rivoluzione si sviluppa una forza centrifuga che equilibra esattamente l'attrazione del Sole.

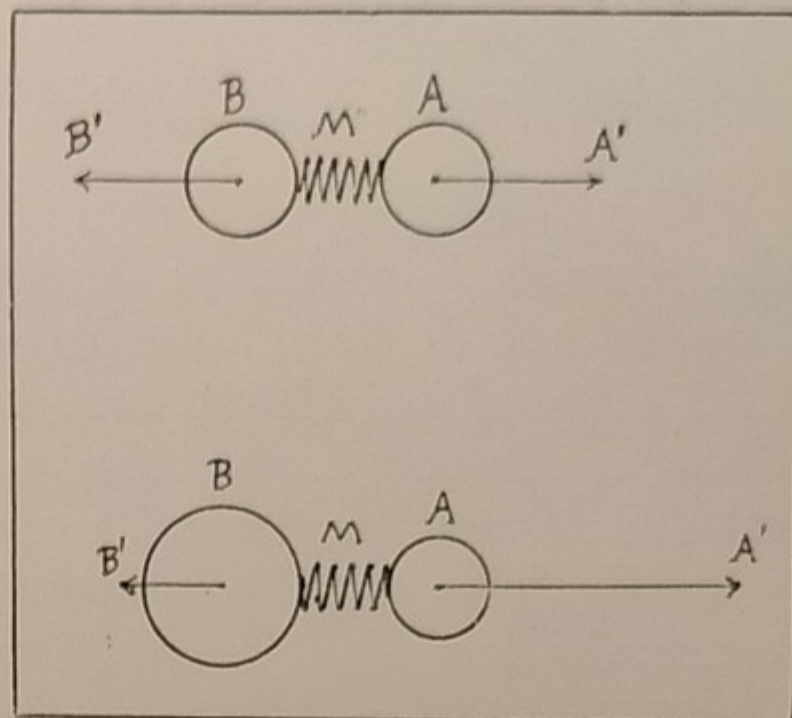



Fig. 45. — UGUAGLIANZA FRA AZIONE E REAZIONE.

Se la molla compressa *M* si distende, le due sfere *A* e *B* di uguale massa disegnate nella parte superiore della figura, si spostano in modo di giungere contemporaneamente nei punti *A'* e *B'* equidistanti da *A* e da *B*. Le due azioni esercitate dalla molla sulle due sfere sono dunque uguali e contrarie.

Se la sfera *B* è di massa tripla di quella *A*, l'impulso ricevuto dalle due sfere è lo stesso: ma mentre il centro della sfera *B* si porta in *B'*, quello di *A* arriva nello stesso tempo in *A'* a distanza tripla.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

V.

* *Mio Padre mi ha condotto al Tiro a Segno; vi siamo andati con l'automobile di un suo amico per accompagnarvi il figlio che doveva esercitarsi al tiro: la macchina andava a grande velocità per il viale asfaltato così che, per la resistenza opposta dell'aria non potevo quasi sporgere la mano dal finestrino.*

** *Ho potuto osservare bene il fucile dell'esercito Italiano, che si chiama fucile modello 1891; quando i tiratori sparavano al bersaglio distante trecento metri, dovevano usare l'alzo, perchè a questa distanza la traiettoria non si può più considerare rettilinea e l'arma deve perciò fare un certo angolo con la linea di mira. Il rinculo non è indifferente; il tiratore deve irrigidire l'arma contro la spalla in modo che tutta la massa del suo corpo reagisca all'urto. La canna dell'arma è rigata in modo che il proiet-*

tile, che ha la forma di cilindro appuntito, ruota velocemente su sè stesso e può mantenere il proprio asse parallelo alla traiettoria.

*** *Al ritorno, col giovane amico, sono stato alla fiera, ove una grande folla gremiva le numerose baracche. Abbiamo fatto due giri nella giostra a seggiolini: la forza centrifuga ci teneva sollevati da terra di parecchi metri senza darci alcuna sensazione di cadere. Poi siamo stati sull' « otto volante », che non è altro che un lungo pendio ondulato percorso per gravità dai carrelli contenenti le persone. Nonostante che, in due o tre tratti, il carrello debba risalire, esso non raggiunge mai l'altezza da cui ha iniziato la corsa veloce, anzi va avvicinandosi alla mèta con velocità sempre più ridotta. Quando, nei tratti in discesa più ripidi, il moto del carrello subisce una accelerazione crescente, sembra di sentirsi sollevare dal sedile e si prova nello stomaco ed alla testa un senso di leggerezza.*

È un effetto nervoso dovuto alla reazione, o meglio alla inerzia del nostro corpo: dicono che in aeroplano, quando si fanno le acrobazie, questo sia un effetto molto comune, a cui però ci si abitua. Ma quando il volo è rettilineo e tranquillo e non si incontrano correnti d'aria irregolari, non ci si accorge neanche della forte velocità posseduta dall'apparecchio, ed il mondo, di lassù, appare molto bello!

CAPITOLO V.

Lavoro ed energia.

39. Lavoro meccanico. — Quando un operaio solleva un peso ad una certa altezza, si dice che ha compiuto *lavoro*. Il lavoro dipende dall'altezza raggiunta e dalla grandezza del peso sollevato. In generale esso è misurato dal *prodotto della intensità della forza vinta per la lunghezza dello spostamento effettuato.*

Se un movimento avviene senza vincere forza alcuna, non si consuma lavoro e se uno sforzo si esercita senza produrre spostamento (come quando si spinge contro un muro) non si fa lavoro meccanico, ma solamente spreco di energia muscolare, cioè fatica inutile.

In particolare il lavoro eseguito sollevando il peso di 1 kg. all'altezza di 1 m., si prende come unità di misura del lavoro e si chiama *chilogrammetro.* Per la determinazione esatta del lavoro compiuto occorre verificare che lo spostamento abbia la direzione della forza agente e riconoscere con precisione quale sia questa forza. Così, per esempio, sollevando un corpo lungo un piano inclinato, lo spostamento lungo il piano deve essere moltiplicato per la componente della forza-peso in

questa direzione e non per il peso del corpo. Lo spostamento orizzontale di un vagone che pesa 10 tonn., richiede uno sforzo continuo almeno uguale all'attrito che il vagone incontra nel moto e che è indipendente dalla velocità (1), ad esempio di 200 kg., mentre uno sforzo di trazione maggiore imprime al vagone un moto uniformemente accelerato. La velocità acquistata può servire a misurare il lavoro motore prodotto.

Solamente nel caso che il movimento sia uniforme, lo sforzo di 200 kg., moltiplicato per il cammino percorso orizzontalmente, dà il lavoro consumato e perduto.

In ogni altro caso, quando cioè al cessare della forza, il corpo continua a muoversi con una certa velocità, occorre aggiungere al *lavoro resistente* suddetto, *il lavoro motore* che il corpo ha richiesto, e che si trova nel corpo stesso sotto forma di *energia cinetica*.

40. L'energia, infatti, è l'*attitudine a produrre lavoro*, e questa attitudine è appunto posseduta da tutti i corpi in moto in proporzione alla loro massa ed al quadrato della velocità: nessuno di voi dubita che un sasso in moto, fermandosi, sia capace di spostarne un altro o di vincere la resistenza alla rottura di qualche corpo.

Spesso non si capisce, a prima vista, dove vada a finire l'energia di moto di un corpo che si ferma e che ha richiesto, per ottenerla, del lavoro; ma sappiamo, per esempio, che nel frenare un treno, i freni si riscaldano e vedremo presto che, in generale, in questi casi, si produce calore.

Anche i corpi in riposo possono, cadendo, produrre lavoro. Si dice perciò che essi hanno *energia potenziale*. Anche una molla deformata ed un gas compresso, hanno energia potenziale.

41. Potenza di un motore. — Nella misura del lavoro, non si tiene conto del tempo impiegato per eseguirlo. In pratica però, importa conoscere il lavoro che ogni motore animale o meccanico, può compiere in un dato tempo. Ciò si ottiene conoscendo la *potenza* della macchina motrice, cioè il *lavoro effettuabile ad ogni minuto secondo*, e moltiplicandola per la durata in secondi dell'impiego della macchina.

Se, in un secondo, si possono sviluppare 75 chilogrammetri, si dice che la macchina ha la potenza di 1 *cavallo-vapore* (simbolo HP). Un'altra unità, oggi sempre più usata, è il *chilowatt* che corrisponde a circa 102 chilogrammetri per secondo.

42. Trasformabilità e conservazione dell'energia. — La trasformazione dell'energia potenziale in cinetica, e viceversa, quella del

(1) Trascurando l'avviamento che richiede uno sforzo un po' maggiore.

lavoro in calore, ed altri numerosi fenomeni che studieremo a suo tempo, mostrano che l'*energia può trasformarsi senza diminuire di grandezza*, purchè si tenga conto di tutti i fenomeni accessorî, come il calore perso negli attriti e nelle resistenze.

Nell'Universo, insomma, l'energia non si crea e non si distrugge, ma si conserva, anche se muta di forma. Le trasformazioni spontanee di energia avvengono però sempre in un senso determinato e, precisamente, in quello che fa diminuire l'energia potenziale ed accrescere quella cinetica. Poichè, infine, nel moto si sviluppa sempre calore e questo tende a livellarsi e non a produrre altre forme di energia, il calore è considerato come la forma più bassa di energia.

Il principio della conservazione dell'energia e quello di inerzia vorrebbero che un corpo in moto conservasse sempre la stessa velocità: ma gli attriti e le resistenze, a cui non è possibile sottrarsi, prima, o poi, lo fermano.

Praticamente insomma si sa che il problema del moto perpetuo, cioè il problema che si proponeva di trovare un corpo, od un sistema di corpi, che conservasse indefinitamente la velocità ricevuta, è impossibile a risolversi.

Ancora più vani ed illogici sono i tentativi di coloro che, da un corpo in moto, penserebbero di ricavare continuamente energia, perchè questa non si ricava se non sottraendone una parte di quella già posseduta, cioè rallentandone la velocità, fino a fermarlo.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

VI.

** Sentite questa! C'era una volta un signore che, dopo aver fatto scaricare nel cortile di casa sua, una buona catasta di legna, incaricò, un pover'uomo di sua conoscenza, come era solito fare per questo lavoro straordinario, di portargli di sopra le legna.*

Quel tale signore fu distratto dagli affari di tornare a casa pel mezzogiorno e non tornò che alla sera, pensando che il lavoro fosse già compiuto. Quale non fu la sua meraviglia, trovando ancora le legna nel cortile ed il pover'uomo, lì, vicino, col cappello in mano, evidentemente in attesa di lui!

— Dunque, buon'uomo, non avete fatto cotesto lavoro?

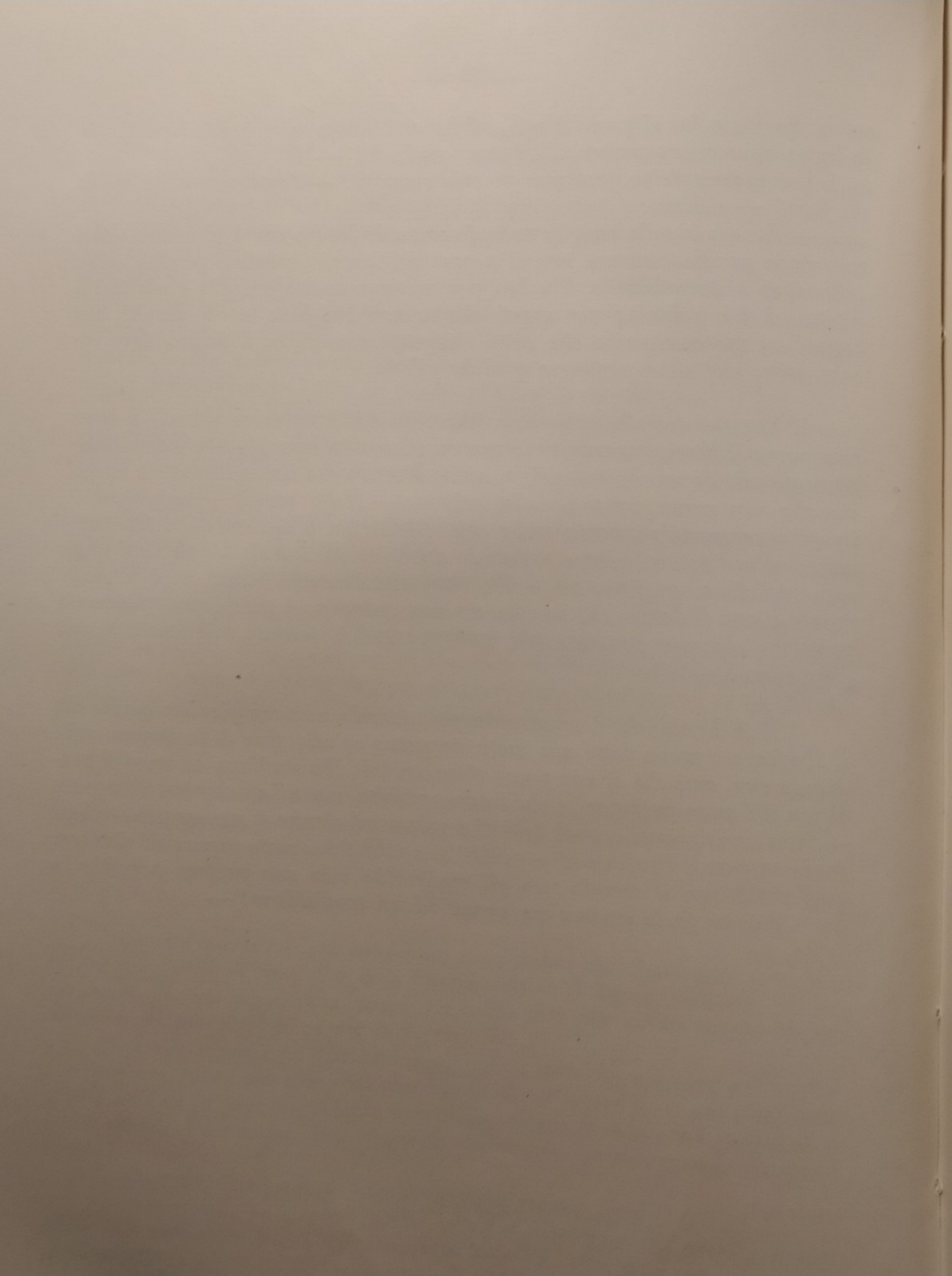
— Sissignore, — rispose quello — ed a mezzogiorno l'avevo già eseguito una volta, ma poichè Vossignoria non s'è visto, e so che mi avrebbe pagato tutta la giornata di lavoro come le altre volte, non volevo guadagnare

anche questa volta il pane a ufo, ed ho continuato a lavorare riportando le legna dove erano prima.... ed ora, eccole lì! —

Il signore sorrise, fece una piccola smorfia: — tanto, non c'era nulla da fare! — e disse:

— Eccoti, buon'uomo, la tua giornata di lavoro che è il prezzo della mia poca avvedutezza ma non il prezzo del lavoro compiuto perchè, come vedi, esso è stato inutile. Tu hai per me consumato energia e ciò ti dà diritto al mio salario; ma sappi che tu non hai fatto lavoro perchè, sia sotto l'aspetto economico che sotto l'aspetto meccanico, il lavoro deve essere utile, cioè deve produrre qualche effetto. —

*** Questa storiella ci è stata illustrata dal Professore quando il buon compagno Alberti, interrogato in matematica, non sapendo rispondere chiaramente alle domande fattegli, si scusò dicendo che aveva studiato a lungo, ma che non aveva capito bene la lezione: — Nella scuola — soggiunse — i tuoi insegnanti potranno tener conto della tua diligenza e del tuo buon volere ed aiutarti ad essere promosso anche se dal tuo studio non hai ricavato sufficiente profitto, ma nella vita, ricordatevelo bene!, se è umanamente giusto il detto « chi non lavora non mangia » è però economicamente vero, che chi non produce non può sperare di trovare migliorate le sue condizioni! —*

**** A Tonio, che è sempre un po' testardo, non era piaciuto quello che il Professore aveva detto sul moto perpetuo ed alla fine della lezione volle dire la sua, cioè che al suo paese v'era un tale che studiava da anni il problema del moto perpetuo, e che l'aveva risolto, ma ne manteneva il segreto. — Non consiglierei a quel tale di rivelare ad alcuno il suo segreto — disse ironicamente il Professore — perchè se anche fosse stato capace di risolvere quel problema, il mondo non gli crederebbe e la sua pretesa potrebbe, a buon diritto, farlo credere un pazzo od un truffaldino! —*

PARTE III.

I CORPI FLUIDI

CAPITOLO I.

I liquidi.

43. Il principio di Pascal. — Come l'acqua, tutti i corpi liquidi sono formati da particelle scorrevoli le une sulle altre, ma ubbidienti al peso che tende a portarle nella parte più bassa dei recipienti ove sono contenuti, e di cui acquistano la forma, qualunque essa sia.

Il volume dei liquidi è praticamente invariabile, perchè solamente mediante forze grandissime, e se chiusi in recipienti molto robusti, diminuiscono leggermente di volume.

È molto importante conoscere come i liquidi trasmettono, ed i recipienti reagiscono, alle forze loro applicate. Il principio relativo è stato trovato da *Pascal* e si può illustrare in molti modi.

Fig. 46. — Dimostrazione teorica del principio di Pascal.

Il liquido è in equilibrio sotto l'azione dei tre pesi appoggiati sui tre stantuffi.

I pesi applicati sui due stantuffi di sinistra sono uguali perchè sono uguali le sezioni dei due cilindri: quello applicato sullo stantuffo di destra è quadruplo di ognuno degli altri due perchè la sezione del cilindro maggiore è quadrupla di quella degli altri due. Sull'unità di superficie grava dunque lo stesso peso (pressione).

In un recipiente pieno d'acqua, e chiuso anche superiormente, vi sono diverse aperture cilindriche verticali (fig. 46) in cui possono scorrere dei dischi, o stantuffi, a tenuta perfetta, di peso trascurabile.

Se i cilindri fossero due soli dello stesso diametro, come quelli A e B della figura, è chiaro che due pesi uguali sovrapposti ai dischi, non altererebbero l'equilibrio iniziale nè, quindi, il livello che il liquido

assume liberamente per effetto della gravità nei due cilindri. Ma se esiste anche il cilindro C, il cui diametro è, ad esempio, doppio di quello di B (cioè se, come insegna la geometria, l'area di C è quadrupla di quella di B), il peso applicato su C deve essere quadruplo di quello applicato in B, anche se uno dei due stantuffi più piccoli fosse immobilizzato.

Infatti possiamo considerare il disco C come somma di quattro parti di area uguale a quella di B, ognuna delle quali richiede quindi per l'equilibrio, un peso uguale a quello necessario per B.

Anche se i cilindri non fossero verticali (ed in questo caso le forze agenti possono essere esercitate da molle compresse e quelle resistenti da piccoli dinamometri) si trova sempre che la forza per unità di superficie necessaria per trattenere gli stantuffi, è costante qualunque sia la posizione e l'area dei dischi mobili. Se si chiama *pressione* la forza esercitata su di un centimetro quadrato di superficie del liquido, si ha che *la pressione esercitata su di un liquido si trasmette a tutte le sue parti ed in tutti i sensi, con la stessa intensità.*

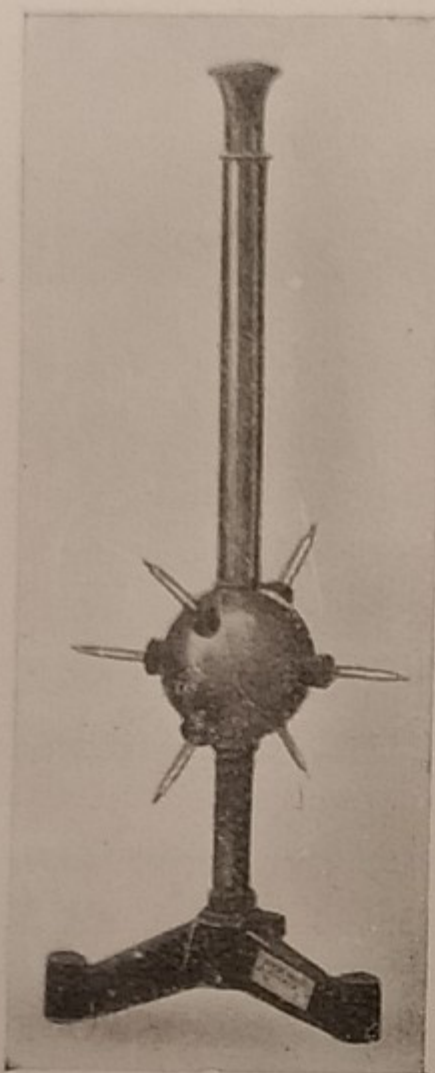



Fig. 47. — La sfera di Pascal.

Sulla sfera vi sono sei fori sottili o ugelli. Il cilindro serve ad aspirare l'acqua da un recipiente in cui si immerge la sfera. Premendo la pompa, l'acqua zampilla colla stessa violenza dai fori qualunque sia la loro posizione. (*Off. Galileo*).

44. — Una prova indiretta del principio di Pascal si mostra con l'apparecchio della figura 47. Lo stantuffo di una pompa termina in una sfera cava piena d'acqua e provvista di fori sottili comunque disposti sulla superficie di essa: lo sforzo esercitato sullo stantuffo fa uscire l'acqua, che zampilla secondo getti perpendicolari alla superficie della sfera, e con la stessa violenza, in tutte le direzioni.

È dunque chiaro che un recipiente chiuso, deve poter resistere anche nelle parti più deboli, alla pressione esercitata in un punto qualunque del liquido.

Per esercitare alte pressioni non occorrono grandi forze ma basta ridurre in proporzione l'area su cui le forze si esercitano.

Pascal fece il seguente esperimento: nel foro di una botte molto resistente, piena d'acqua, infilò un lungo tubo verticale piuttosto sottile, ma con pareti molto spesse, e lo riempì d'acqua. Il fasciame della botte cedette! Eppure il tubo non conteneva che un chilogrammo circa di acqua! Era stata dunque, questa forza, sufficiente a rompere la botte? No: perchè la forza totale sopportata dalle pareti della botte era invece data dal peso dell'acqua contenuta nel tubo, moltiplicato per il rapporto tra la superficie della botte e la sezione del tubo.

45. — Nel *torchio idraulico* si trovano verificate tutte le suddette proprietà dei liquidi. Esso è formato di due cilindri di diametro molto diverso (fig. 48) in comunicazione tra loro e con un serbatoio d'acqua, e che possono resistere a fortissime pressioni; nei due cilindri scorrono, a chiusura ermetica, due stantuffi.

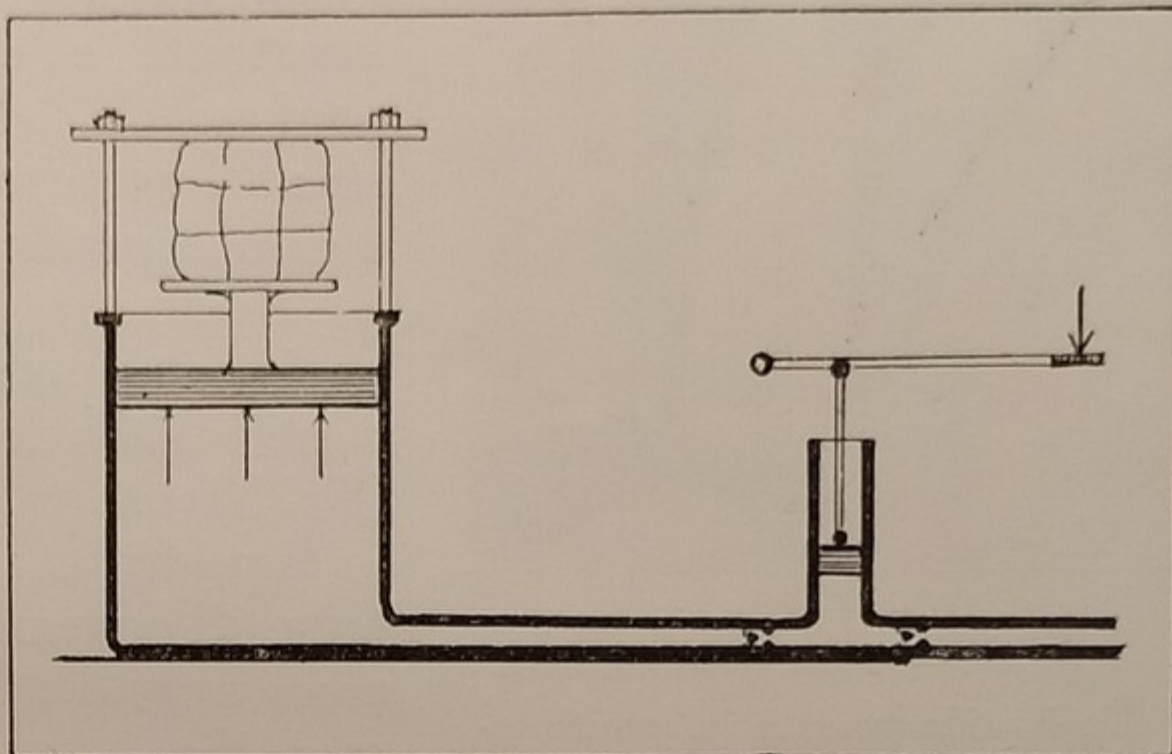



Fig. 48. — Torchio idraulico.

Il più piccolo, a cui è di solito applicato lo sforzo di una leva, funziona da pompa e spinge l'acqua in quello più grande. Allo stantuffo di questo è applicato un piatto che si solleva avvicinandosi lentamente ad un altro piatto parallelo e fisso. Tra questi due piatti si possono comprimere fortemente sostanze da torchiare o merci infrangibili da ridurre di volume per essere imballate (fibre tessili, carta, tessuti); il torchio serve anche a foggiare metalli teneri, ed a misurare la resistenza dei corpi solidi alla compressione.

Fig. 49. — Pressioni dovute al peso.

Lo strato *A* sopporta il peso degli strati sovrastanti, ma non risente la presenza di quelli sottostanti.

Quale pressione si esercita sul fondo del vaso se ogni strato ha lo spessore di un centimetro quando il vaso contiene acqua? E se il vaso contenesse del mercurio?

Se il cilindro piccolo ha la sezione di un centimetro quadrato e quello grande di 1000 (il loro diametro sarebbe rispettivamente di cm. 1,13 e di cm. 35,7), lo sforzo di 1 kg. nella pompa, si moltiplica per mille tra i piatti; se poi il braccio della leva è cinque volte maggiore di quello della pompa, lo sforzo normale di un uomo, equivalente a kg. 50 circa, diviene dunque

$$\text{kg. } 50 \times 5 \times 1000 = 250.000 \text{ kg.} = 250 \text{ tonnellate!}$$

46. Pressioni nei liquidi. — Nei liquidi esistono delle pressioni dovute non a forze esterne, ma al loro stesso peso. Infatti immaginando di dividere una massa liquida in tanti strati orizzontali (fig. 49) si riconosce che ogni strato liquido grava col suo

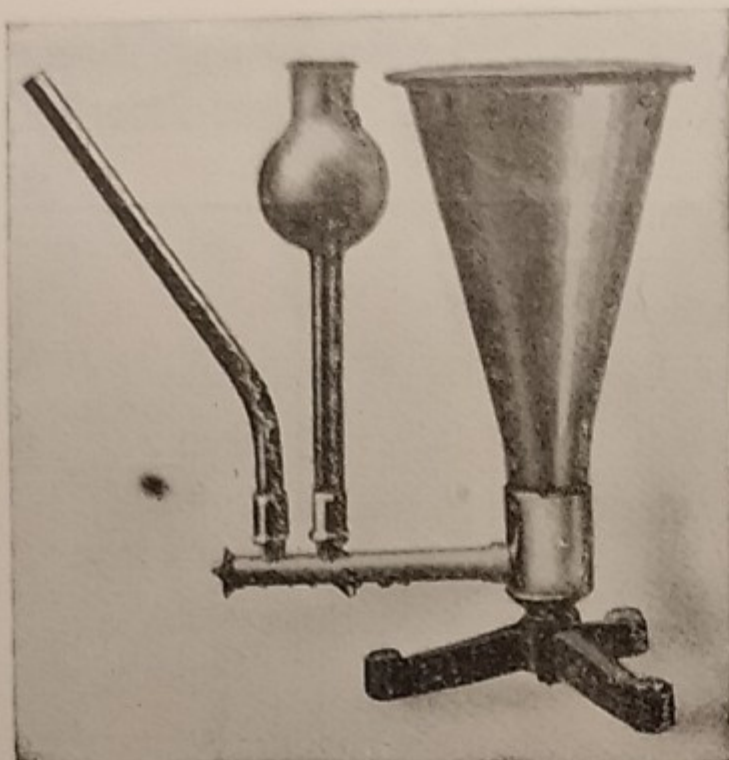



Fig. 50. — Tubi comunicanti.
Un liquido versato in questo recipiente, raggiunge nei tubi lo stesso livello. (*Off. Galileo*).

peso su quelli sottostanti: su di uno strato liquido si esercita dunque una forza dovuta al peso di tutti quelli sovrastanti e che aumenta quindi colla profondità dello strato. Perciò la pressione è crescente dall'alto verso il basso, e non dipende dalla forma del vaso.

Se si hanno, per esempio, due o più vasi comunicanti di forma qualunque, contenenti uno stesso liquido in riposo (fig. 50), le pressioni esercitate dalle masse liquide in una sezione qualunque del tubo di comunicazione sono uguali, come sono uguali i livelli delle colonne d'acqua. Se le pressioni non fossero uguali non potrebbero equilibrarsi, ed il liquido si muoverebbe, ciò che non avviene.

Come suggerisce anche l'esperienza della botte di Pascal, le pressioni, dovute al peso non dipendono dal volume ma solo dall'altezza del liquido, e sono dirette anche verso l'alto. Infatti, immergendo in un liquido un tubo di vetro aperto alle due estremità come mostra la figura 51, il disco mobile che ne chiude l'estremità inferiore, si stacca nel momento in cui il livello del liquido esterno uguaglia quello interno.

In un punto interno della massa d'acqua di un fiume, di un lago, del mare, la pressione dipende dalla profondità. Nell'acqua dolce a 10 m. di profondità, si trova, con strumenti detti *manometri*, la pressione di 1 kg. qualunque sia, s'intende, la profondità dell'acqua sottostante: una colonna d'acqua della sezione di 1 cm.^{2} e di quella altezza contiene appunto 1000 g. d'acqua. L'acqua del mare, che pesa circa 1030 g., per litro, esercita quindi alla profondità di 8000 m. la pressione di 824 kg. per cm.^{2}!

Una sfera cava di due metri di diametro esterno, che ha cioè la superficie di m.^{2} 5,027, deve sopportare a quella profondità lo sforzo totale di

cm.^{2} 50270 $\times$ 824 = kg. 41.422.480
= 41.422 tonnellate, circa.

Fig. 51. — Pressioni nell'interno di un liquido.
Il disco di celluloide *A*, chiude il fondo del tubo essendo premuto verso l'alto dal liquido esterno, più che dal liquido interno al tubo. Se si versa altra acqua nel tubo, in quale momento il disco si stacca dal tubo?

Infine la pressione di un liquido, oltre che nell'interno, si manifesta anche sulle pareti del recipiente e perpendicolarmente ad esse. Infatti se apriamo diversi fori in un recipiente di forma qualsiasi (fig. 52), ci accorgiamo che i getti sono sempre perpendicolari alle pareti: sono più violenti se si trovano più in basso, come vuole il valore della pressione, ma non raggiungono mai l'altezza del liquido nel recipiente, come vorrebbe il principio dei vasi comunicanti, a causa delle resistenze incontrate nell'effluire dai fori.

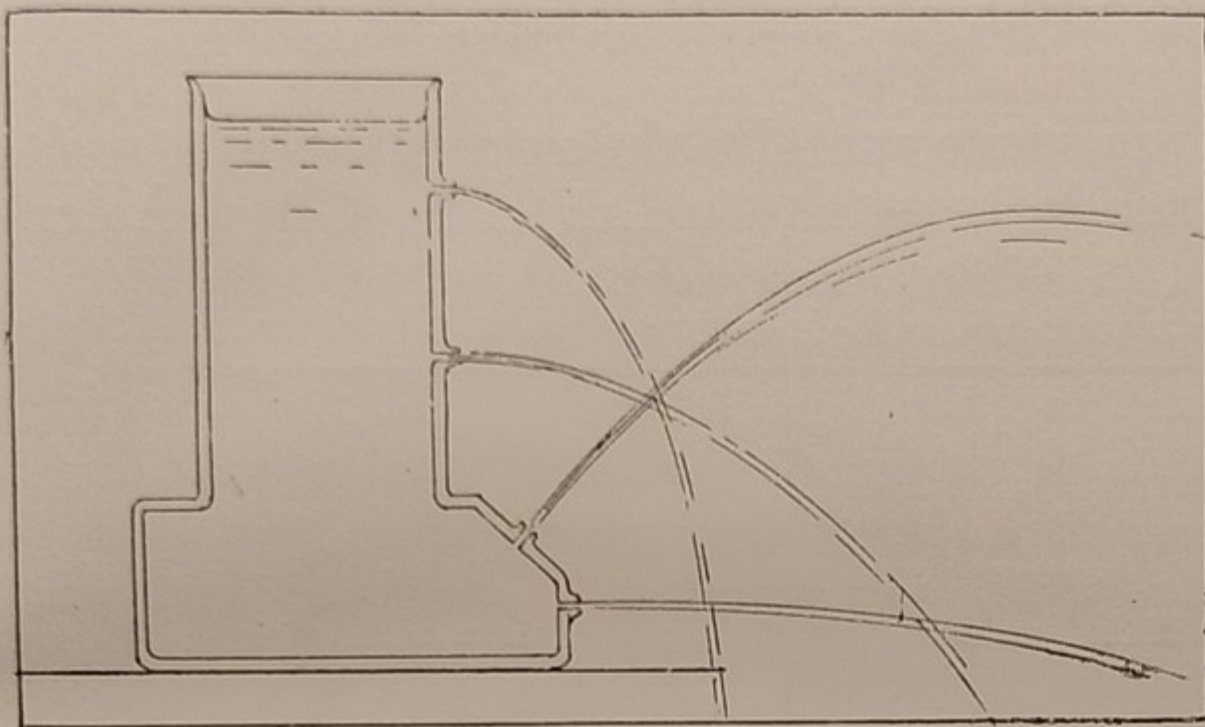



Fig. 52. — Pressioni sulle pareti.
Gli zampilli sono sempre perpendicolari alle pareti.

Fig. 53. — Mulinello idraulico.

Nella vaschetta circolare inferiore vi sono quattro tubi ripiegati all'estremità libere, che si staccano a raggiera dalla base del tubo verticale, come mostra la figura 54.

Versando acqua nel recipiente superiore, quello che sostiene i tubi, ruota attorno al suo asse verticale, per reazione al moto del liquido che effluisce.
(*Off. Galileo*).

Fig. 54. — Schema del mulinello idraulico.

Ecco come sono disposti, nel piano orizzontale, i tubi del mulinello. Se il liquido effluisce come mostrano le frecce, in quale senso ruota il mulinello?

47. Altre conseguenze del principio di Pascal. — Se si apre un foro in un recipiente pieno d'acqua, la pressione sulle pareti viene in quel punto a mancare, perchè il liquido esce. Per reazione al moto di questa sua parte, il liquido rimanente sopporta una spinta uguale e contraria che si trasmette al recipiente. Se questo è mobile, si hanno dei curiosi effetti, come nel *mulinello idraulico* (figg. 53 e 54).

Perforando il suolo, l'acqua sgorga spesso fino alla superficie dimostrando l'esistenza di una pressione. Si deve ritenere che la massa

d'acqua raggiunta dalla perforatrice, si trovi racchiusa tra strati di terreno impermeabili e che, in questi, il livello raggiunto dall'acqua non sia inferiore a quello a cui giunge lo zampillo. Queste sorgenti d'acqua sono dette *pozzi artesiani*, ma dovrebbero essere dette *pozzi modenesi* perchè trovati ed utilizzati nel Modenese, da tempi molto più remoti.

Negli acquedotti, l'acqua viene raccolta da sorgenti, talora molto lontane e portata in tubazioni leggermente inclinate. Se si fa una deri-

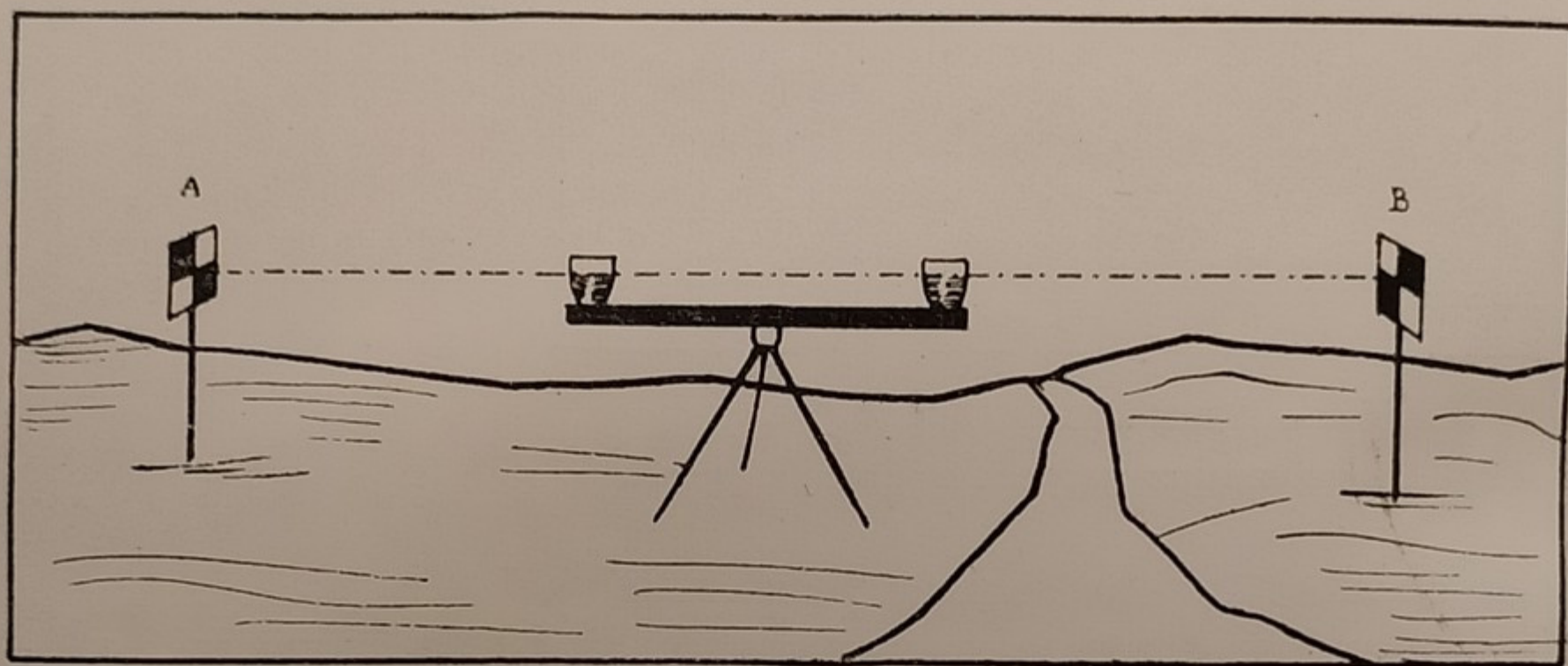



Fig. 55. — LIVELLA AD ACQUA E SUO IMPIEGO.

La linea che passa per i centri dei due quadrati di mira *A* e *B* è perfettamente orizzontale, perchè sfiora le superfici libere dell'acqua in due bicchieri comunicanti.

vazione in un punto qualunque della tubazione, l'acqua potrebbe risalire all'altezza da cui proviene, se non esaurisse nel moto una parte della sua pressione.

Nelle città di pianura l'acqua raggiunge facilmente i più alti piani delle case, anche se la sorgente da cui si raccoglie è bassa.

Ciò perchè l'acqua, proviene da capaci serbatoi posti ad altezza maggiore del punto più elevato, a cui l'acqua deve essere distribuita, e nei quali viene sollevata con pompe a motore.

48. Livella ad acqua. — La linea retta che sfiora i punti della superficie libera di un liquido in riposo contenuto in un recipiente od in due vasi comunicanti è perfettamente orizzontale. Volendo sistemare un terreno accidentato, cioè ridurlo orizzontale o meglio leggermente inclinato per permettere lo scolo delle acque piovane, si fissano sul terreno dei punti allo stesso livello, traguardandoli attraverso una livella ad acqua (fig. 55). A questi punti si riferisce poi l'ingegnere per eseguire gli scavi o le colmate necessarie.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

VII.

** Il Professore ci ha detto che nel secolo diciassettesimo gli Accademici del Cimento, seguaci di Galileo, per vedere se l'acqua fosse comprimibile, fabbricarono delle sfere di ferro che chiusero ermeticamente dopo averle riempite d'acqua.*

Battendole sull'incudine, le sfere che resistevano ai forti colpi di martello, non rimanevano schiacciate e l'acqua trasudava attraverso all'involucro metallico, mostrando che anche i metalli sono porosi: fatto che gli sperimentatori erano ben lontani dal cercare!

*** Tornando dalla scuola, Zanellato, che è nato nel Veneto, mi raccontava che il Po e l'Adige nel loro corso inferiore, sono contenuti tra alti argini artificiali perchè il loro livello medio è all'incirca uguale a quello delle campagne circostanti, e che questi sono necessari, perchè anche le piccole piene dei fiumi allagherebbero la pianura.*

Nelle grandi piene il livello dei fiumi sorpassa anche di dieci metri quello ordinario, e le basi degli argini, che sono di terra, sopportano una forte pressione. Se l'acqua infiltrandosi in qualche fessura dell'argine, riesce a scorrere attraverso di esse, può aprire un varco capace di produrre le inondazioni più disastrose. La sorveglianza dell'argine in tempo di piena, consiste anche nello scoprire a tempo le polle o fontanazzi che sgorgano alla sua base ed a chiuderle in tempo. Se la pozza si è già formata conviene costruire, sveltamente, con dei sacchi di terra, che si tengono sempre pronti, una specie di pozzo artificiale, in cui l'acqua sale finchè la sua pressione sul fondo riesce a frenare il pullulare dell'acqua.

Egli ricorda molto bene che alcuni anni fa, a causa di una piena pericolosa, suo padre ed i suoi fratelli, sono stati due giorni interi lontani da casa, impiegati con la Milizia Fascista alla sorveglianza degli argini: in quei casi il pericolo è comune e tutta la popolazione, anche quella lontana dagli argini, diviene un esercito.

La difesa contro l'invasione delle acque è organizzata anche in tempi ordinari: così l'uomo, con la sua intelligenza e col suo lavoro, riesce a domare anche le forze avverse della natura.

CAPITOLO II.

Il principio di Archimede. Altre proprietà dei liquidi.

49. — A tutti è noto che il legno dolce galleggia sull'acqua, cioè che una parte rilevante di esso vi resta immersa, mentre l'altra sporge dalla superficie orizzontale: per immergerlo totalmente dobbiamo vincere una forza, che è diretta verticalmente verso l'alto.

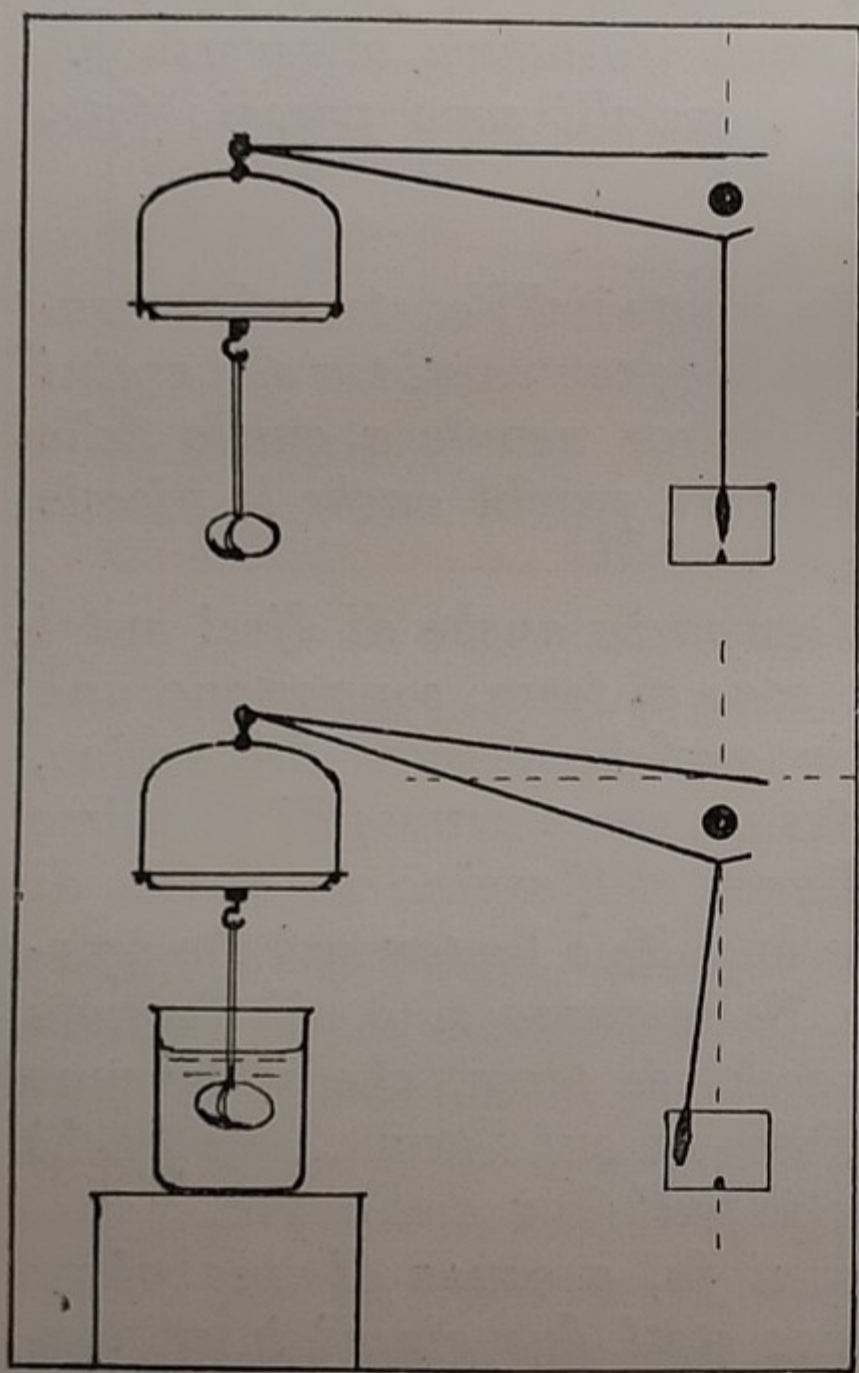



Fig. 56. — Spinta dei liquidi su di un corpo immerso.

La bilancia, primitivamente in equilibrio, si squilibra immergendo in un liquido il corpo sospeso sotto il piatto.

Fig. 57. — Doppio cilindro per dimostrare facilmente il principio di Archimede. (*Off. Galileo*).

Un pezzo di ferro comunque grande, non galleggia sull'acqua ma va a fondo. Anche in questo caso però la spinta verticale esiste, perchè si può in molti modi constatare che il peso del pezzo di ferro immerso è diminuito.

Archimede nel terzo secolo avanti Cristo, scoperse che *quella spinta è uguale al peso del liquido spostato dalla parte immersa.*

La dimostrazione sperimentale si può eseguire sospendendo un corpo di volume noto al piatto di una bilancia in equilibrio, ed immergendo il corpo nell'acqua. La bilancia (fig. 56) si squilibra, accusando una diminuzione di peso del corpo immerso; per ristabilire l'equilibrio occorre aggiungere dalla parte del corpo tanti grammi di peso, quanti

sono i centimetri cubici che esprimono il volume del corpo. Poichè ogni centimetro cubico di acqua pesa 1 gr., quel peso è anche il peso dell'acqua spostata. La spinta non muta sostituendo al corpo, un altro corpo di peso diverso e dello stesso volume, ma cambia se l'acqua viene sostituita da un liquido differente.

Fig. 58. — Equilibrio di una nave.

La figura rappresenta la sezione trasversale di una imbarcazione. *G* è il baricentro, *M* è il centro di spinta della parte immersa, quando la nave sta nella posizione qui disegnata.

Le due forze costituiscono una coppia che tende a riportare la nave nella posizione ordinaria.

Spesso si fa uso (fig. 57) di due cilindri dello stesso volume, l'uno cavo e l'altro pieno. Quello cavo non viene immerso, ma basta riempirlo di liquido per ristabilire l'equilibrio della bilancia.

50. I galleggianti. — Quando un corpo galleggia, il peso dell'acqua spostata è dunque uguale al suo peso. Se il galleggiante viene appesantito, si immerge sempre più e finisce per affondarsi allorchè il peso totale sorpassa quello del volume dell'acqua spostabile. Le navi, malgrado siano fatte per lo più di ferro, e siano caricate con oggetti molto pesanti, galleggiano in quanto possono spostare tanta acqua quanto pesano (carico compreso), e

purchè l'acqua non penetri per le aperture, come boccaporti, finestrini, ecc., che devono sempre emergere.

Le navi, però, devono soddisfare anche ai requisiti della piccola

Fig. 59. — Un sommergibile.

resistenza al moto e della manovrabilità, e sono perciò di forma allungata. Inoltre, devono essere in equilibrio stabile e mantenervisi nonostante il moto ondoso del mare, e, se sono a vela, devono resi-

stere allo sbandamento prodotto dalla forza del vento sulle vele e sul-l'alberatura.

Perciò il punto di incontro della verticale passante per il centro di volume della parte immersa, col piano assiale della nave (fig. 58), deve sempre trovarsi sopra il centro di gravità della nave.

Le navi *sommergibili*, che possono cioè scendere e risalire a volontà sotto il livello del mare, se, s'intende, tutti i locali abitati ed occupati dalle macchine sono perfettamente chiusi, lasciano allagare dall'acqua alcuni compartimenti, finchè il peso della nave raggiunge quello del-l'acqua spostata. L'acqua viene poi espulsa con potenti pompe quanto il sommergibile vuole risalire ed emergere (fig. 59).

51. Il peso specifico. — Volumi uguali di corpi diversi non hanno lo stesso peso. Prendendo come campione o termine di confronto l'acqua, il *peso specifico* di una sostanza si ottiene dividendo il peso di un corpo formato di questa sostanza, per quello di un ugual volume di acqua.

Fig. 60. — Un picnometro.

Il collo di questo picnometro è smontabile per poter introdurre il corpo solido. (*Off. Galileo*).

Poichè il volume dell'acqua in centimetri cubici è uguale al suo peso in grammi, basterà conoscere il peso ed il volume del corpo di cui si vuole determinare il peso specifico, e poi eseguire la divisione

peso : *volume* = *peso specifico.*

52. Determinazione del peso specifico. — Il peso del corpo si determina con la bilancia; il suo volume si può ricavare dalle dimensioni del corpo, solo se la sua forma è geometricamente determinata.

In generale i corpi non hanno forma perfettamente riconoscibile e, per la determinazione dei pesi specifici, si deve ricorrere ad uno dei metodi seguenti:

a) col *picnometro*, che è una boccetta a collo sottile (fig. 60), in cui può essere introdotto, ridotto in pezzi, il corpo solido da esaminare. Prima di introdurvi il corpo, si pesa la boccetta piena d'acqua assieme al corpo e quindi si ripesa la boccetta dopo aver riportato il livello dell'acqua a quello iniziale. La diminuzione di peso in grammi, cioè il peso dell'acqua spostata dal corpo, dà il volume in centimetri cubici del corpo. Se il corpo è liquido, il picnometro si pesa una volta pieno d'acqua, tenendo conto del peso del vetro, e si ha così il volume del picnometro, ed una volta pieno del liquido, e si ha così il peso di uguali volumi dell'acqua e del corpo liquido.

Se il corpo è gassoso, anzichè una piccola boccetta, occorre un pallone abbastanza capace (fig. 61) di cui si conosce il volume. Si osservi che in questo caso il peso del pallone è quello che si ha dopo averlo vuotato con una buona macchina pneumatica: pieno d'aria pesa, in più, alla temperatura del ghiaccio, tante volte 1,293 gr., quanti sono i litri di aria contenuta.

b) con la *bilancia idrostatica*, cioè con una bilancia (fig. 62) che permette di immergere il corpo, pesato, nell'acqua e di pesare, equilibrandola, la spinta ricevuta.

Per il principio di Archimede questa spinta in grammi, esprime il volume in centimetri cubici. È chiaro che, immergendo uno stesso corpo sospeso al piatto della bilancia in liquidi diversi, le spinte ricevute sono direttamente proporzionali ai pesi di volumi uguali dei due liquidi, cioè ai loro pesi specifici. Se uno dei liquidi è l'acqua, si ha rapidamente il peso specifico dell'altro liquido.

Fig. 61. — Pallone per il peso dei gas. (*Off. Galileo*).

c) con gli *areometri*, corpi galleggianti, allungati, che stanno immersi verticalmente ed il cui punto di affioramento sta tanto più in basso quanto più pesante è il liquido (fig. 63).

Fig. 63. — Un areometro di vetro.

Il tubo di vetro graduato è zavorrato in modo da disporsi verticalmente nel liquido su cui galleggia. (*Off. Galileo*).

Spesso questi strumenti hanno nell'asta verticale una graduazione che indica direttamente il peso specifico del liquido su cui galleggiano. Per usi speciali, le indicazioni danno invece per esempio, i gradi di alcool contenuti nel liquido (*alcoolometri* per vini e liquori) o la percentuale di grassi sospesi nell'acqua (*lattimetri*).

Ecco una tabella dei valori medi dei pesi specifici delle sostanze più comuni:

Sostanza	Peso specifico
Platino	21,03
Oro	19,05
Mercurio	13,06
Piombo	11,03
Argento	10,05
Rame	8,8
Ferro	7,8
Marmi e pietre	2,6
Alluminio	2,6
Vetro	2,5
Zolfo	2
Zucchero	1,6
Acqua	1
Caucciù	da 0,93 a 1,25
Burro	0,94
Ghiaccio	0,92
Petrolio	0,8
Legno	da 0,5 a 0,9
Benzina	0,75
Etere solforico	0,74
Ossigeno	0,0014
Aria	0,001293
Gas illuminante	0,0006
Idrogeno	0,000089

Fig. 62. — Bilancia idrostatica.

Il corpo da pesare viene appeso con un filo al gancio inferiore di uno dei piatti e può essere quindi comodamente immerso nell'acqua. (*Off. Galileo*).

I corpi che hanno peso specifico minore di 1, se non si sciolgono nell'acqua, galleggiano su di essa.

53. Capillarità. — L'acqua bagna i recipienti di vetro, cioè vi aderisce per effetto di forze di attrazione tra le molecole del vetro e quelle dell'acqua, che sono capaci anche di vincere il peso di quelle molto vicine al recipiente.

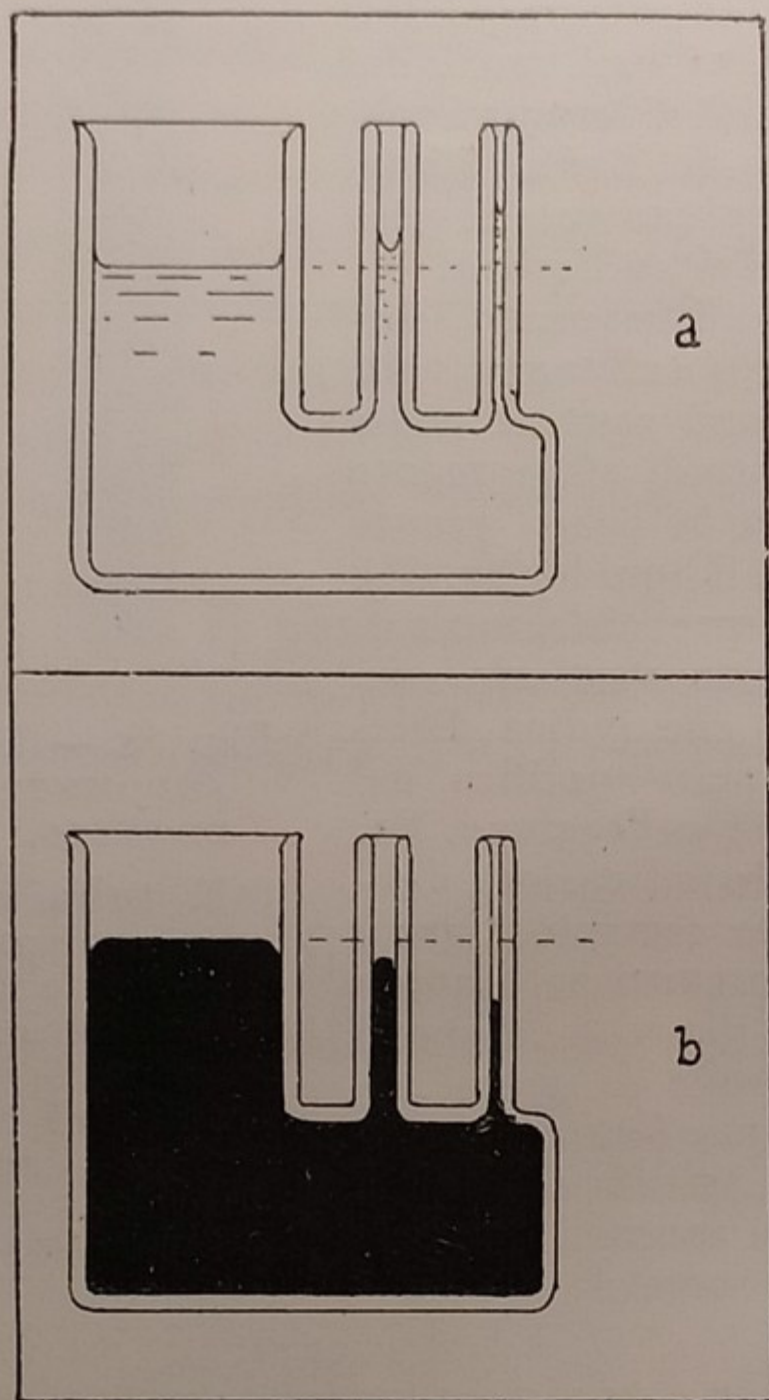



Fig. 64. — La capillarità.

a) nell'acqua. Il menisco concavo è tanto più elevato rispetto al livello idrostatico, quanto più piccolo è il diametro del tubo;

b) nel mercurio. Il menisco convesso è tanto più depresso rispetto al livello idrostatico quanto più piccolo è il diametro del tubo.

Lungo le pareti del recipiente l'acqua infatti lambisce e bagna anche punti più elevati del piano orizzontale che dà il livello medio del liquido, e forma una superficie ricurva verso l'interno del recipiente che si dice *menisco concavo* (fig. 64 *a*). Nei tubi sottili (o *capillari*) il livello del menisco concavo può elevarsi notevolmente. Nei lucignoli dei lumi ad olio gli interstizi tra le fibre ed i fili del tessuto si comportano come tubi capillari che alimentano la fiamma, malgrado che essa sia molto più in alto del livello del liquido combustibile.

Nei tronchi degli alberi la linfa ascende fra le fibre legnose anche a grandi altezze, principalmente per capillarità.

Il mercurio, invece, che è un metallo liquido molto denso, non bagna il vetro, perchè l'attrazione fra le proprie molecole (*coesione*) è maggiore di quella tra mercurio e vetro. Il menisco in questo caso è *convesso* e nei tubi capillari il livello del mercurio è più basso di quello del liquido libero (fig. 64 *b*).

Anche il menisco dell'acqua contenuta in un recipiente di paraffina è convesso, perchè la paraffina non è bagnata dall'acqua.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

VIII.

** Quei diavoletti di vetro che, alla fiera, una donna autoritaria e molto male in arnese faceva scendere e salire in quel tubo di vetro, erano, alcuni anni fa, la mia passione. Ricordo che il babbo finì per comprarmene uno,*

ed imparai così il principio dei sommergibili. Il diavoletto è pieno d'aria e ordinariamente vi galleggia, ma si affonda quando pel tubicino aperto, che fa da coda, entra la piccola quantità d'acqua sufficiente a renderlo specificamente più pesante dell'acqua. Ciò si ottiene aumentando la pressione che agisce sull'acqua, cioè premendo una membrana di gomma, che chiude il collo del recipiente.

*** Quando l'altr'anno, ai bagni di mare, mio zio mi insegnava a nuotare e i miei progressi non erano abbastanza rapidi, mi diceva celiando :*

« Non c'è bisogno di zucche per restare a galla, perchè il peso specifico del corpo umano è minore di uno*; tu però resterai a galla lo stesso perchè sei un grande zuccone!... ». Poi m'accorsi che tutto consiste nel non avere paura dell'acqua e nel saper respirare quando la bocca o le narici non sono immerse nell'acqua. Quanto a vincere una gara di nuoto, è questione di forza e di allenamento, e non tutti possono riuscirvi!*

**** Archimede, che un soldato romano uccise mentre era assorto nei suoi studi quando Siracusa capitolò per assedio, si dice che, stando nel bagno e sentendo la spinta ricevuta dal proprio corpo immerso nell'acqua, trovasse la risoluzione di un problema propostogli da Gerone, suo tiranno.*

Si trattava di sapere se una corona d'oro fornitagli da un orefice fosse realmente tutta d'oro, come era stato promesso : la corona non doveva essere però nè fusa nè rovinata. Archimede riuscì a provare che non era tutta d'oro immergendo nell'acqua un blocco d'oro puro che pesava quanto la corona e constatando che questo riceveva una spinta minore. Infatti l'oro, per essere il metallo più pesante, accusa nell'acqua una perdita di peso minore di tutti gli altri metalli ; era la presenza di questi nella corona che aumentava la spinta ricevuta dalla corona nell'acqua.

CAPITOLO III.

I gas.

54. Pressione atmosferica. — Come tutti gli altri corpi anche i gas pesano: infatti un pallone di vetro pesa di meno, dopo essere stato vuotato dall'aria.

Nell'aria, come nei liquidi, il peso di ogni strato grava dunque su quelli sottostanti; e siccome lo spessore dell'atmosfera è limitato, sulla superficie dei corpi che si trovano al livello del mare dovrà gravare una massa d'aria maggiore che in ogni altro punto sovrastante. Con esperienze perfettamente analoghe a quelle citate per i corpi liquidi si può

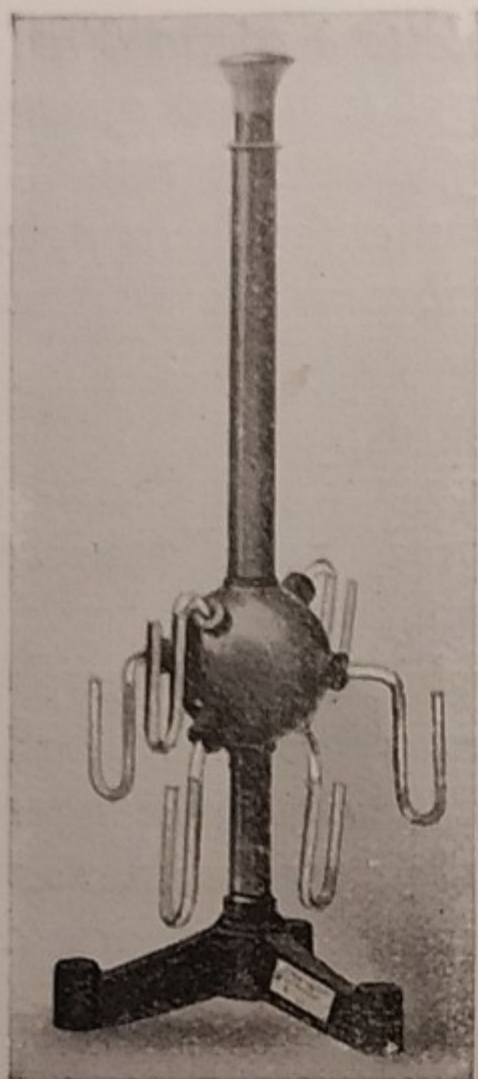



Fig. 65. — Il principio di Pascal nei gas.

Allo stesso apparecchio della fig. 47 possono essere applicati dei tubi di vetro ripiegati ad *U* contenenti un liquido colorato. Spostando lo stantuffo le piccole colonne liquide si sollevano alla stessa altezza, qualunque sia la posizione del foro. (*Off. Galileo*).

dimostrare che anche le pressioni gassose seguono il *principio di Pascal* (fig. 65).

Dobbiamo dunque aspettarci che nell'aria esista e si manifesti una pressione, detta *atmosferica.*

Può meravigliarvi che non sempre ve ne accorgiate, ma, certi fatti, non possono essere sfuggiti alla vostra attenzione. Per esempio, quando con una cannuccia di paglia sorbite una bibita fredda, la dilatazione dei vostri polmoni diminuisce la pressione dell'aria nella cannuccia; l'aria esterna, premendo sul liquido, spinge in su per la canna il liquido stesso fino alla vostra bocca, che è lieta di trangugiarla senza aver fatto lo sforzo di sollevare tutto il bicchiere all'altezza delle labbra!

Così pure avrete osservato che dal collo sottile di un recipiente capovolto contenente acqua, l'acqua non cade perchè sostenuta dalla pressione atmosferica che agisce solamente dal di sotto (fig. 66).

Chi non ha fatto l'esperienza del bicchiere d'acqua capovolto e chiuso da un cartoncino?

Molto convincente è l'esperienza del *crepavescica* (fig. 67): un cilindro di vetro aperto alle due estremità, è chiuso accuratamente da una parte con una vescica ben tesa o con carta robusta. L'orlo ben tornito dell'altra base del cilindro, aderisce perfettamente al piatto della macchina pneumatica, che serve a togliere l'aria.

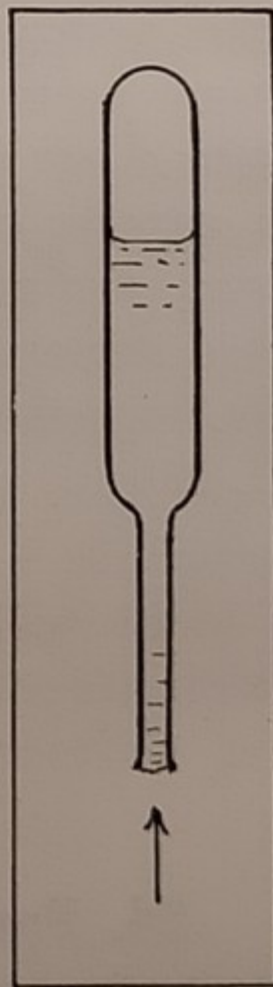



Fig. 66. — Un effetto della pressione atmosferica.

Il liquido non cade dalla provetta capovolta.

Quando la macchina comincia a funzionare, si vede la vescica deprimersi, come se fosse caricata di un peso distribuito uniformemente su di essa, ed infine spezzarsi con un colpo violento e secco dovuto al rumore dell'aria che, spinta dalla pressione atmosferica, si precipita nella pompa.

Quando la vescica è tesa sul crepavesciche essa sopporta, come del resto ogni altro corpo posto nell'aria, la pressione atmosferica su ambedue le facce, e non ne risente alcun effetto. Così tutti i tessuti organici, nati e cresciuti nell'aria, non possono risentire, di quella pressione, effetti diretti.

Anche l'esperienza degli *emisferi di Magdeburgo*, dal nome della città ove per prima venne eseguita, è molto bella. Una sfera metallica cava a pareti molto

robuste è divisibile in due parti fornite di due solide impugnature, i cui orli, possono combaciare perfettamente (fig. 68).

Finchè vi è aria nella sfera possiamo allontanare le due parti con la stessa facilità con cui le avviciniamo, ma se, colla pompa pneumatica, togliamo l'aria dalla sfera e, chiudendo un apposito rubinetto, impe-

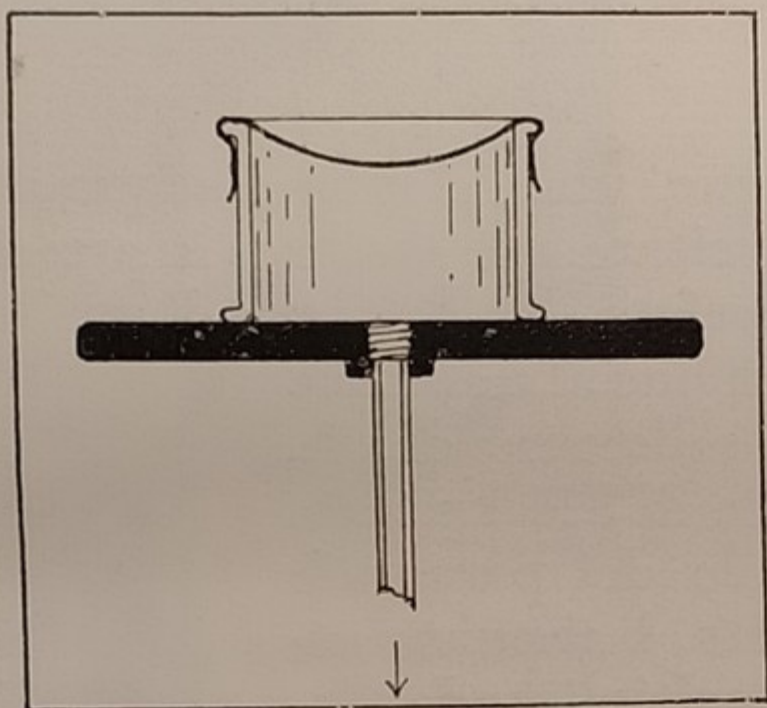



Fig. 67. — Esperienza del crepavescica.

Quando si estrae l'aria colla macchina pneumatica, e prima di creparsi, la vescica si deforma come mostra la figura.

Fig. 68. — Emisferi di Magdeburgo. (*Off. Galileo*).

diamo l'accesso a quella esterna, i due emisferi restano aderenti e possono essere maneggiati come un unico corpo. Per staccarli occorre una forza rilevante: se il diametro della sfera, è di 20 cm. e l'aria è stata tolta con una buona pompa, lo sforzo necessario a distaccarli e di circa 324 kg.! Ora vedremo il perchè.

55. L'esperienza di Torricelli. — *Evangelista Torricelli,* contemporaneo di Galileo, volendo spiegare perchè l'acqua non sale, in un tubo in cui è fatto il vuoto, che all'altezza di circa 10 m., prese un tubo di vetro chiuso ad una estremità e lungo circa 80 cm. e lo riempì accuratamente di mercurio. Chiuse poi il tubo con un dito e lo capovolse su di una vaschetta di mercurio, in modo che l'orlo inferiore del tubo restasse immerso nel liquido. Togliendo quindi il dito, non tutto il mercurio scese nella vaschetta (fig. 69); egli osservò che, qualunque siano il diametro e la forma del tubo, *la parte del liquido che resta sollevata nel tubo raggiunge l'altezza di circa 76 centimetri* rispetto al livello della vaschetta.

Poichè nello spazio del tubo sovrastante il mercurio non vi è aria, ciò che grava sul mercurio libero è proprio e solo la pressione

dell'aria; dunque, questa, e solamente questa, è la causa che determina il sollevamento della colonna di mercurio.

Ora, la pressione dell'aria, per poter equilibrare il peso della colonna di mercurio, deve equivalere per ogni centimetro quadrato al peso di 76 cm. cubici di mercurio, cioè a:

$$\underset{\text{volume}}{76 \text{ cm.}^3} \times \underset{\text{peso specifico del mercurio}}{13{,}59} = 1033 \text{ gr.} = \text{kg. } 1{,}033 \text{ per cm.}^2.$$

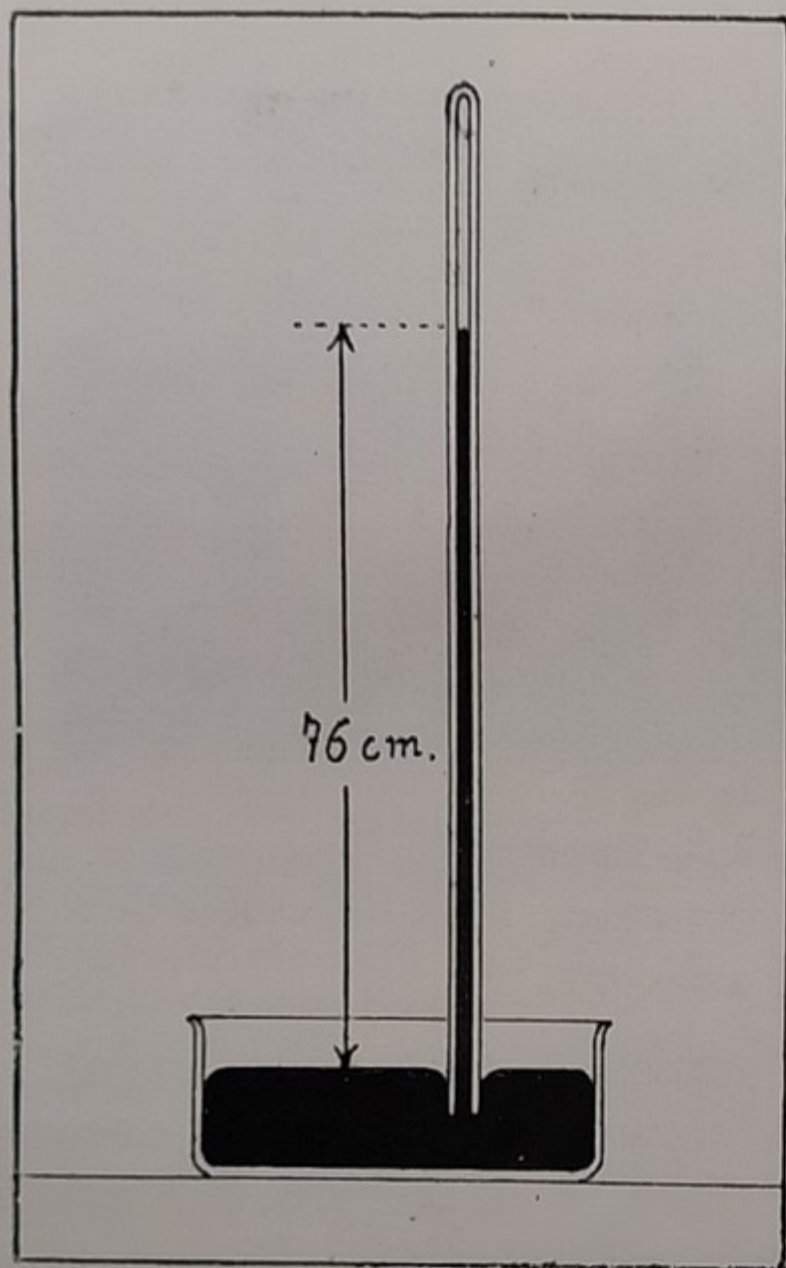



Fig. 69. — Esperienza di Torricelli.

Il mercurio che riempiva il tubo quando questo aveva la bocca in alto, scende fino a mantenere il dislivello di 76 centimetri rispetto alla vaschetta, quando lo si capovolge su altro mercurio.

Dunque, una colonna d'acqua capace di esercitare alla sua base la pressione dell'atmosfera, ha l'altezza di m. 10,33 e la pressione atmosferica non può sollevarne di più. Il numero di 324 kg. dato nel calcolo del paragrafo precedente, è appunto ottenuto moltiplicando l'area del cerchio di cm. 10 di raggio (sezione degli emisferi) per kg. 1,033.

La pressione di chilogrammi 1,033 per centimetro quadrato, si chiama *atmosfera*.

Tenendo conto della diminuzione del peso specifico dell'aria con l'altezza e delle osservazioni eseguite ad altezze conosciute, è possibile determinare l'altezza di un luogo sul livello del mare, conoscendo la pressione atmosferica in quel punto e quella che nello stesso istante vi è al livello del mare.

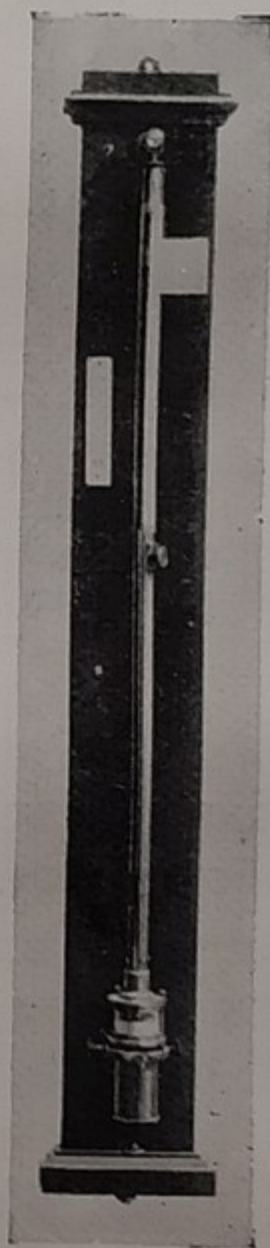



Fig. 70. — Barometro a mercurio di Fortin.

La canna di vetro è protetta da un tubo di ottone. Girando la vite che sta sotto la vaschetta cilindrica, il mercurio sale e riempie tutta la canna: si può così trasportare il barometro senza grave incomodo.

(*Off. Galileo*).

56. Il barometro. — Per poter misurare comodamente il valore della pressione atmosferica il tubo di Torricelli ha subito diverse modificazioni ed ha preso il nome di *barometro a mercurio* (fig. 70). Si costruiscono anche barometri trasportabili in montagna, molto utili per determinazioni scientifiche.

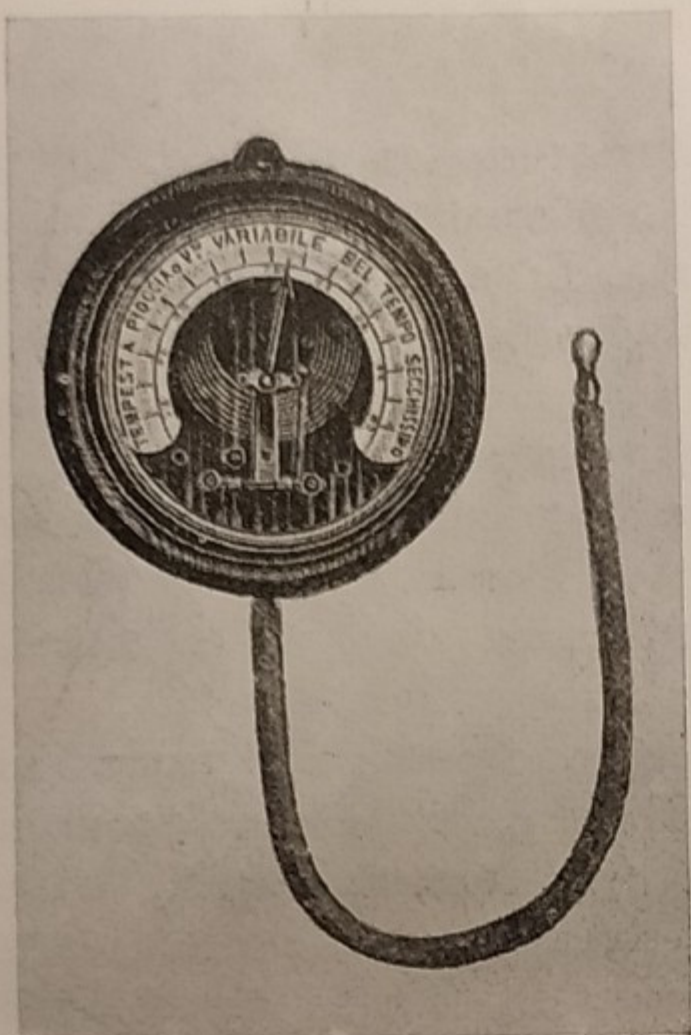



Fig. 71. — Modello di barometro metallico.

Il tubo laterale serve a produrre, nella custodia in cui è contenuto il barometro, delle variazioni artificiali di pressione. (*Off. Galileo*).

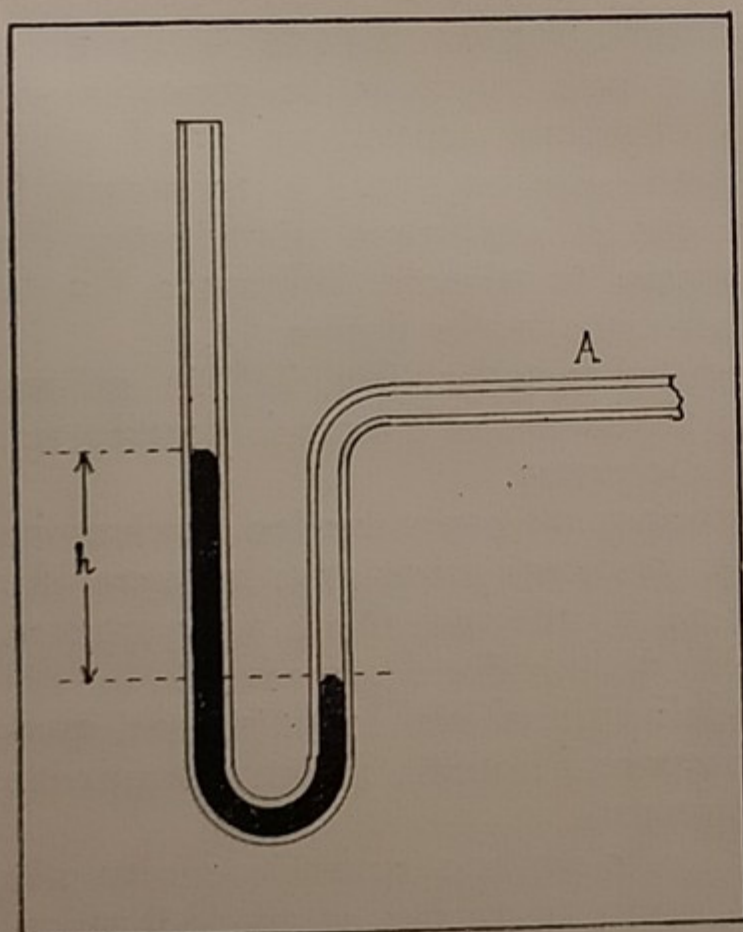



Fig. 72. — Barografo.

Fig. 73. — Manometro ad aria libera.

Nel tubo *A* esiste una pressione che è maggiore di quella atmosferica di tanti grammi quanti sono i centimetri che misurano il dislivello del mercurio moltiplicati per 13,56.

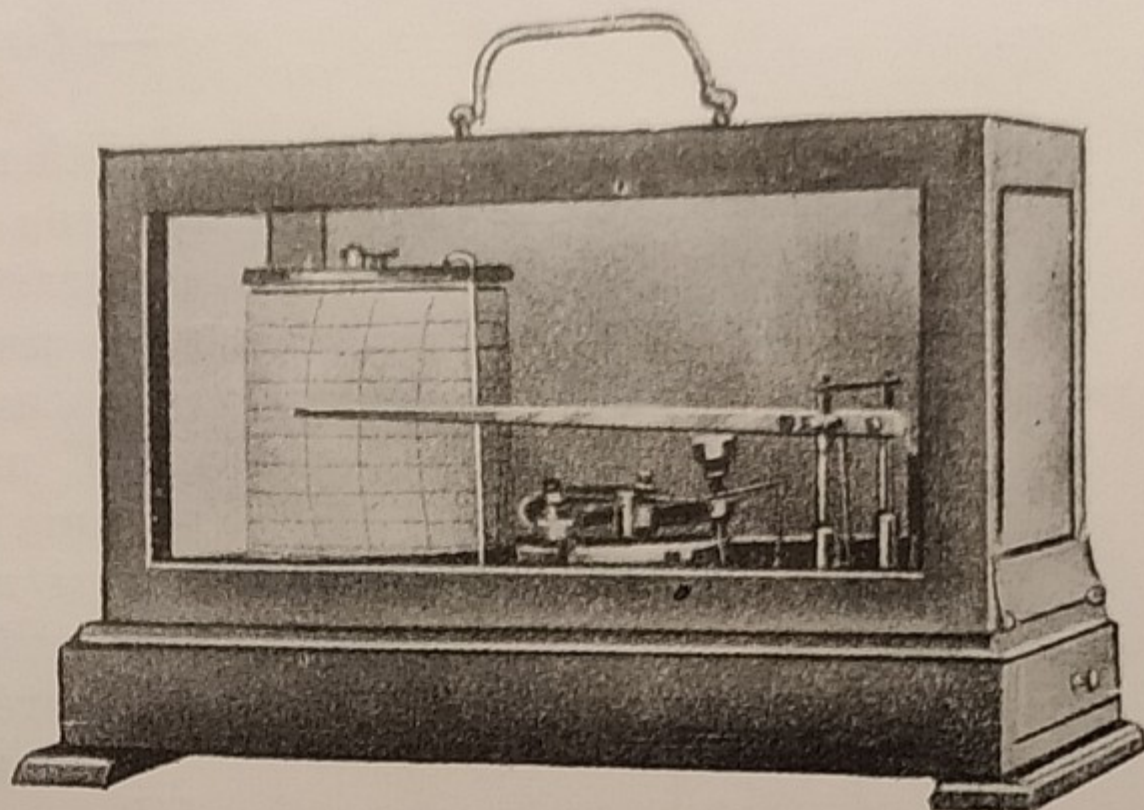



Fig. 74. — Modello di manometro.

Il cerchio metallico che qui si vede è un tubo schiacciato chiuso a sinistra ed in comunicazione, a destra, col recipiente che contiene il gas, attraverso il sostegno. Se il gas ha pressione maggiore dell'atmosfera il tubo si distende e l'ago devia a destra; se la pressione del gas è minore il tubo si accartoccia e l'ago devia a sinistra.

(*Off. Galileo*).

Per la loro comodità e solidità si preferiscono, in pratica, i *barometri metallici* che consistono in una o più scatolette metalliche deformabili (fig. 71) da cui è stata estratta l'aria. Lo schiacciamento delle scatolette è impedito in parte da una molla robusta: se la pressione esterna diminuisce, la molla allontana il fondo della scatola dal coperchio e viceversa. Questi piccoli movimenti sono amplificati da un sistema di leve e trasmessi ad un indice che si muove di fronte ad una scala, le cui indicazioni corrispondono all'altezza del barometro a mercurio.

È molto utile registrare le variazioni della pressione atmosferica che accompagnano i fenomeni metereologici, come vedremo nell'ultima parte di questo studio: lo strumento si chiama allora *barografo* (fig. 72).

Gli *altimetri*, invece, sono barometri graduati in modo da poter leggere direttamente sulla scala l'altezza raggiunta, se si conosce la pressione atmosferica che si trova al livello del suolo; sono utilissimi per l'aviazione.

Fig. 75. — PRINCIPIO DEL SIFONE.

Il movimento dell'acqua nel tubo del sifone da *A* verso *B*, dipende dal dislivello tra la linea *A B* e quello dell'acqua contenuta in *A*. Esso cessa quando i due livelli liquidi si uguagliano oppure quando il livello di sinistra raggiunge la linea *A B*.

57. Manometri. Pompe. Sifone. — La pressione di un gas si può misurare in *atmosfere* od anche in chilogrammi per centimetro quadrato.

Gli strumenti che servono a misurare la pressione di un gas si chiamano *manometri*. Un manometro molto semplice, e sufficiente per conoscere le piccole differenze fra la pressione di un gas e quella dell'aria esterna, è mostrato nella figura 73.

Per grandi pressioni si deve ricorrere a *manometri metallici* (fig. 74) in cui un tubo di ottone ricurvo, chiuso all'estremità libera, tende a raddrizzarsi quando nel suo interno agisce una pressione maggiore di quella esterna.

Anche le variazioni di volume di una massa gassosa possono servire a misurare le variazioni di pressione, purchè la temperatura del gas resti invariata: la legge che regola queste variazioni, detta *legge di Boyle e Mariotte*, afferma che a temperatura costante il volume e la pressione di un gas variano in proporzione inversa.

Per comprimere comodamente i gas si usano delle macchine dette *pompe*, analoghe a quelle che servono a rarefare l'aria od a muovere i liquidi. Il funzionamento delle pompe a stantuffo è illustrato nel paragrafo seguente.

L'industria moderna produce pompe centrifughe e pompe rotative molto più semplici ed efficaci di quelle alternative a stantuffo, soprattutto per ottenere il movimento dei liquidi.

Uno strumento molto interessante che permette di vuotare un recipiente senza capovolgerlo è il *sifone*, che tutti conoscono, e che è spiegato dalla figura 75.

58. Le macchine pneumatiche. — Già si disse che per rarefare l'aria od un gas chiuso in un recipiente servono le *macchine pneuma-*

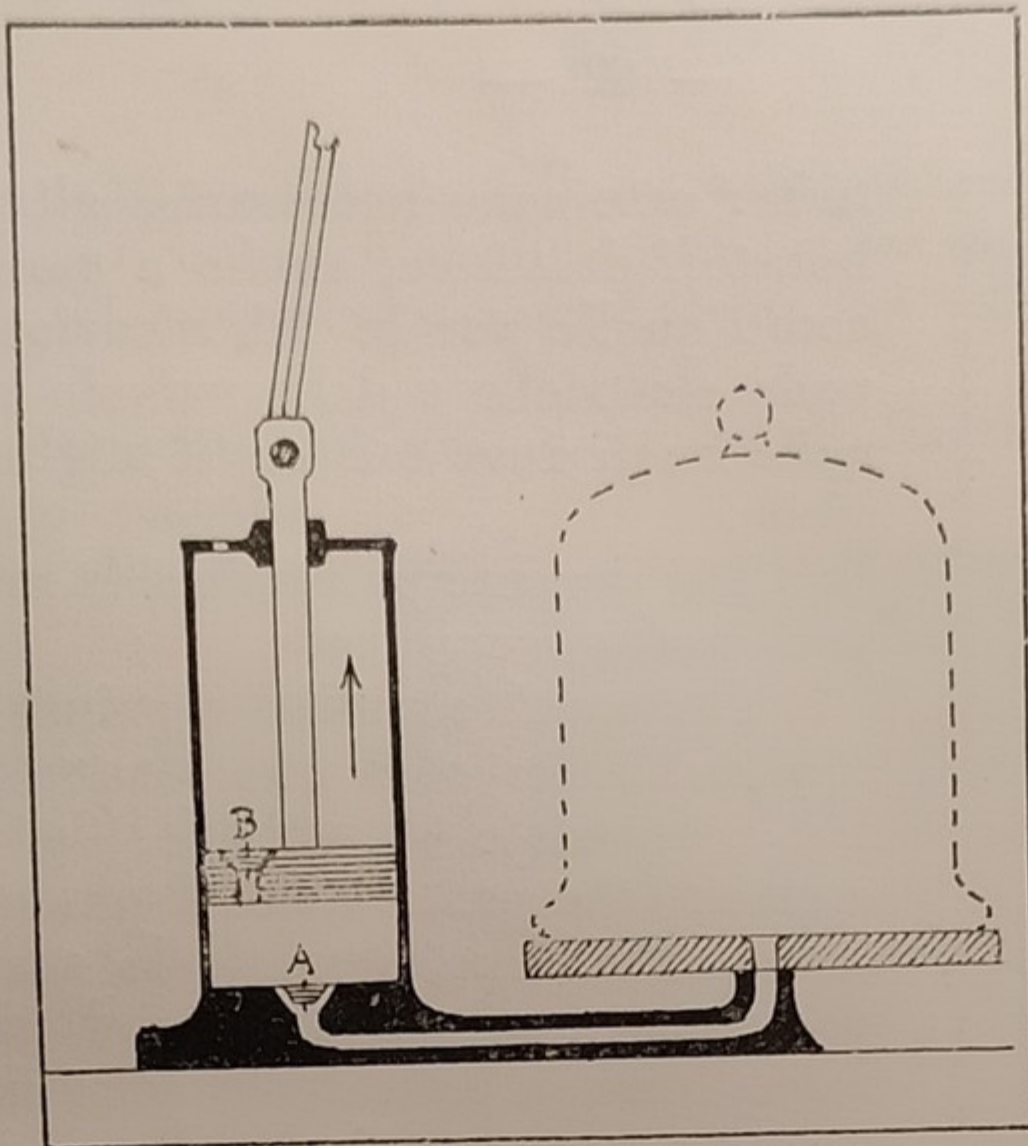



Fig. 76. — Schema di una pompa a stantuffo.

La freccia indica che lo stantuffo aspira l'aria dalla campana.

La valvola *A* impedisce il ritorno dell'aria nella campana, quando lo stantuffo, scendendo, scaccia l'aria all'esterno attraverso la valvola *B*.

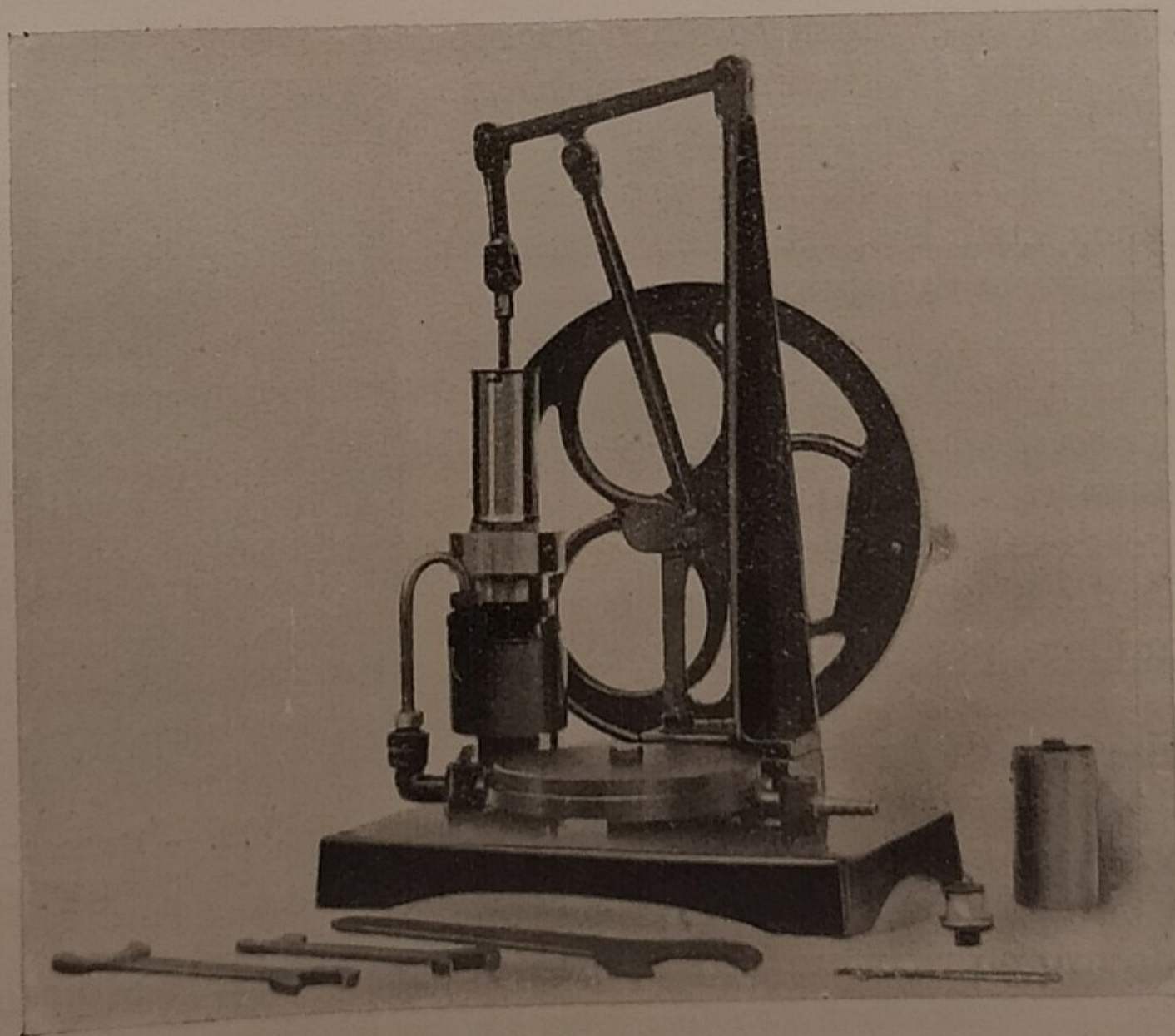



Fig. 77. — Pompa pneumatica ad olio.
(*Off. Galileo*).

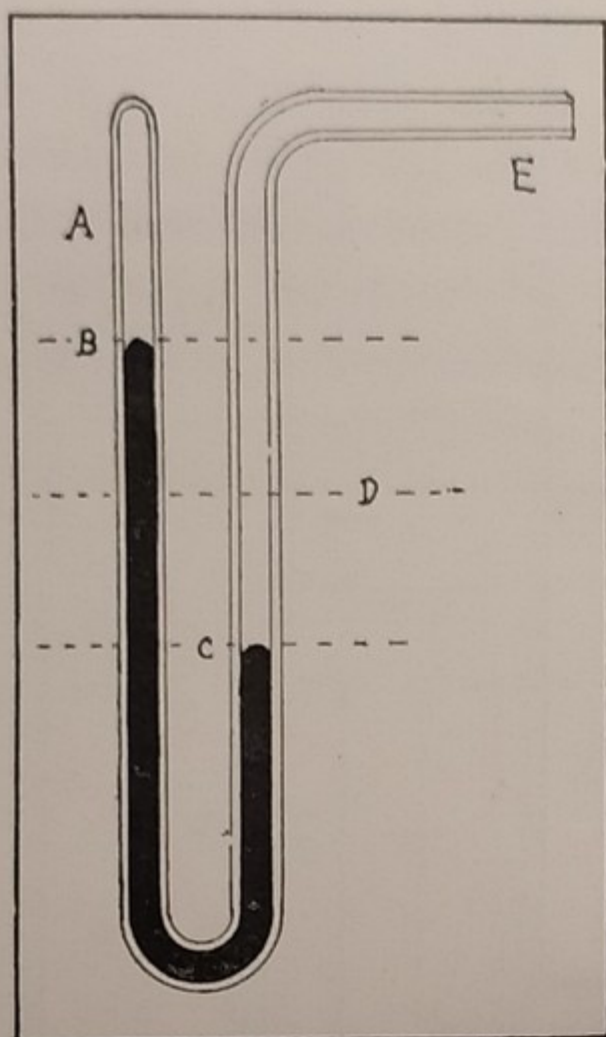



Fig. 78. — Provino di una macchina pneumatica.

Se E comunica con un ambiente di aria rarefatta, la pressione di questa è data dal dislivello $B\,C$. Se il vuoto fosse perfetto, il mercurio avrebbe nei due rami lo stesso livello D, mentre se la pressione in E è quella atmosferica, il mercurio riempie tutto il tubo A perchè la sua lunghezza è minore di 76 centimetri.

tiche: esse sono necessarie, oltre che nei laboratori di Fisica, anche a molte industrie, come quelle per la fabbricazione delle lampade elettriche e delle valvole termoioniche, nelle quali deve esistere il miglior vuoto possibile.

Per queste applicazioni le macchine sono però molto complicate.

I tipi più semplici e primitivi constano di un cilindro e di uno stantuffo mobile in esso, provvisto di valvole (fig. 76), cioè di aperture che permettono il passaggio del gas in un solo senso, quando lo stantuffo alternativamente sale o scende nel cilindro. Nelle buone pompe le valvole sono immerse nell'olio, per evitare fughe d'aria (fig. 77). Per ottenere una rarefazione migliore, si può estrarre con una pompa l'aria che sta nel cilindro di un'altra. Ma il vuoto assoluto è impossibile ad ottenersi sia per gli inevitabili difetti di funzionamento, sia perchè il cilindro non può sottrarre che una frazione dell'aria rimasta nel recipiente da vuotare. Un quarto di un quarto, di un quarto di una quantità, e così via, diverrà per esempio ben presto poca cosa rispetto alla quantità iniziale, ma mai assolutamente zero!

Così, dopo ogni colpo di pompa, resterà sempre da estrarre una parte dell'aria. Le rarefazioni prodotte dalle pompe si leggono col *provino pneumatico* (fig. 78).

Il numero di molecole contenute nel vuoto più spinto che si possa ottenere è ancora di parecchi milioni per centimetro cubico.

Fig. 79. — Baroscopio. (*Off. Galileo*).

59. Il principio di Archimede nei gas. — Poichè l'aria pesa, i corpi che vi sono, tutti, immersi, dovranno comportarsi rispetto ad essa come si comportano quelli immersi nei liquidi, cioè dovranno ricevere una spinta verticale uguale al peso dell'aria spostata.

Il peso dell'aria alla pressione ordinaria, che è dunque equivalente

al peso di 76 centimetri cubici di mercurio per centimetro quadrato, è di kg. 1,293 per metro cubo alla temperatura del ghiaccio. Un corpo del volume di un metro cubo pesa dunque nel vuoto, kg. 1,293 di più che nell'aria.

Le spinte ricevute nell'aria dai corpi di dimensioni ordinarie sono relativamente piccole, ma tutt'altro che trascurabili.

Che la spinta voluta dal principio di Archimede esista, si prova col *baroscopio*, cioè con una bilancina (fig. 79) che sostiene in equilibrio, quando è nell'aria, un corpo cavo, chiuso, di volume rilevante, ed un altro corpo di volume molto minore. Quando il baroscopio viene posto sotto la campana della macchina pneumatica e si toglie l'aria, il giogo trabocca dalla parte del corpo più voluminoso. Infatti questo, nell'aria, riceve una spinta verso l'alto maggiore dell'altro, e nel vuoto la perde.

È infine chiaro che, se la spinta ricevuta da un corpo nell'aria è uguale al suo peso, il corpo deve restare sospeso nell'aria.

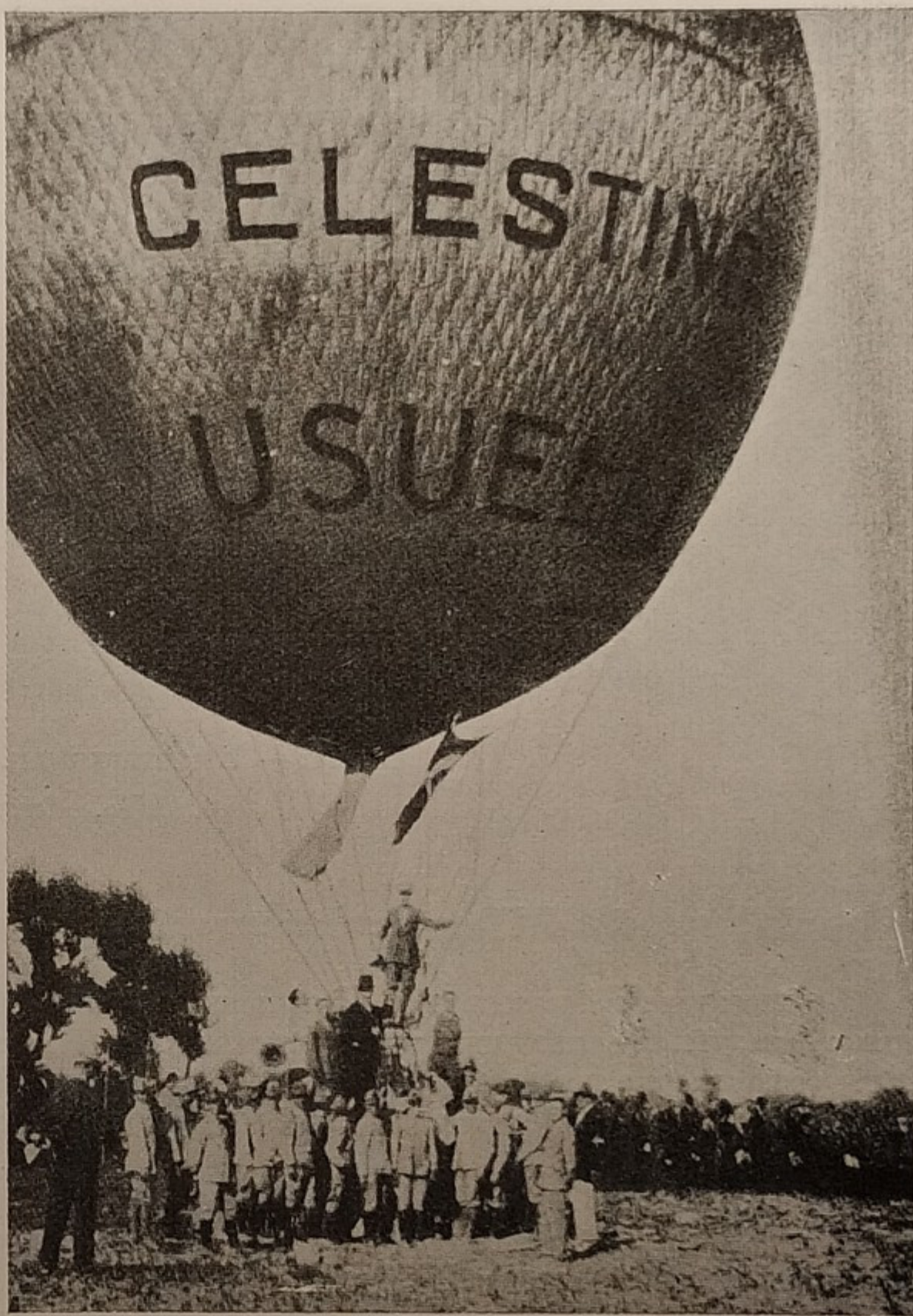



Fig. 80. — Un pallone aerostatico. (*Min. Aeronautica*).

60. I palloni aerostatici (fig. 80) hanno un involucro impermeabile di seta gommata, che ha un peso piccolo rispetto al volume d'aria che possono spostare quando l'involucro è gonfiato. Per ottenerne il sollevamento è però necessario che il gas con cui sono riempiti i palloni, sia più leggero dell'aria, come *gas illuminante, elio* od *idrogeno*, che è, specificamente, il più leggero di tutti i corpi.

Quando un pallone sta sospeso nell'atmosfera, senza sollevarsi o discendere, il suo peso è uguale a quello dell'aria spostata. Nel peso bisogna però comprendere, non solo quello dell'involucro e della navicella che trasporta gli aeronauti e gli strumenti, ma anche quello del gas con cui il pallone è gonfiato.

Stando in aerostato ci si può sollevare lasciando cadere una parte degli oggetti

trasportati o meglio della *zavorra*, e si può scendere lasciando sfuggire una parte del gas; ma, pel resto, si è in balia dell'aria, dalle cui correnti si viene trascinati.

La navigazione in direzione determinata è possibile solo coi *dirigibili* che dispongono di uno o più motori potenti, capaci di imprimere all'aeronave una spinta nella direzione voluta, mediante eliche ruotanti rapidamente. Per ridurre la resistenza dell'aria la loro forma è affusolata e ricorda quella di un pesce o di un sigaro (fig. 81).

Ma se il vento è contrario, il dirigibile non può procedere che se il vento ha una velocità minore di quella che i motori potrebbero imprimergli nell'aria in quiete. In

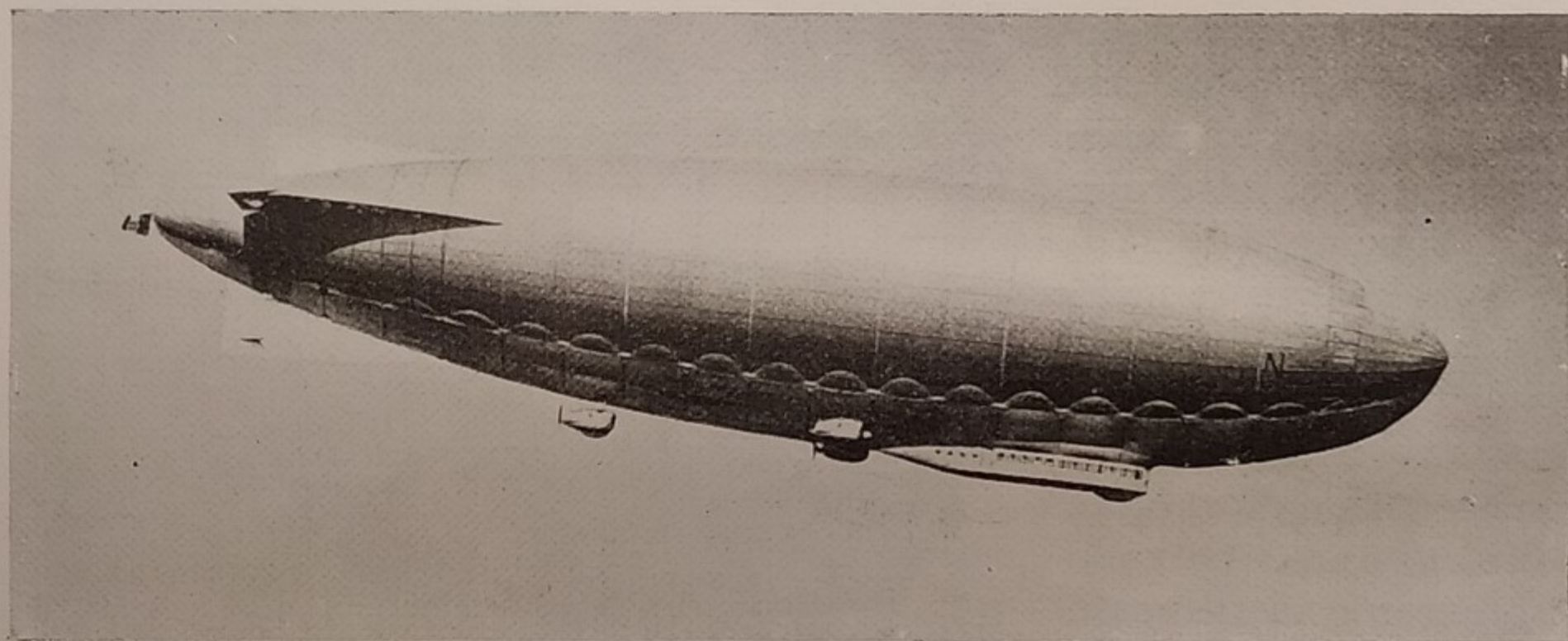



Fig. 81. — Un dirigibile.
(*Min. Aeronautica*).

ogni modo la velocità dell'aeronave è sempre la risultante di quella propria e di quella del vento.

Le manovre di partenza e di atterraggio di queste navi aeree, capaci anche di trasportare più di cento persone e parecchie tonnellate di merce per migliaia di chilometri, sono ancora molto difficili. Tra la Germania e l'America del Sud funziona però già da due anni con successo, un servizio regolare di dirigibili.

61. La conquista dell'aria, cioè la possibilità di navigare in essa con qualunque tempo ed a qualunque altezza, ha fatto maggiori progressi con gli *aeroplani* cioè con apparecchi specificamente più pesanti dell'aria, che si sostengono in virtù della spinta che l'aria esercita sulle loro ali, quando hanno raggiunto un certa velocità. Questa è prodotta da eliche mosse da motori potenti ma leggeri: tutte le parti sono profilate in modo da offrire all'aria la minima resistenza (figg. 82, 83, 84 ed 85).

Oltre le ali, altri piani mobili servono alla manovra che deve permettere in volo, la rotazione dell'apparecchio attorno a qualunque asse dello spazio: l'aeroplano infatti può inclinarsi, per salire o scendere, mediante i *timoni di profondità* situati di solito nella coda, può cambiare la direzione, nel moto orizzontale, mediante i *timoni verticali* pure essi posti nella coda, e può inclinarsi lateralmente (svergolare), mediante gli *alettoni*, appendici mobili poste alle estremità delle ali e ruotanti in senso opposto, che sono necessarî anche nei cambiamenti di direzione.

L'apparecchio può così essere mantenuto in linea di volo contro ogni perturbazione prodotta dal vento o da altre cause: queste manovre sono affidate alla perizia del pilota, ma verrà presto il giorno in cui saranno rese automatiche.

La partenza e la discesa dell'aeroplano richiedono ancora troppo spazio; nè gli aeroplani possono salire o scendere lentamente: si sono studiati perciò anche gli

Fig. 82. — Apparecchi italiani da caccia.

Fig. 83. — Un aeroplano da trasporti civili.

elicotteri il cui sostentamento è affidato a piani rotanti o addirittura ad eliche: ma, per ora, con nessun risultato pratico.

L'aeroplano raggiunge velocità altissime: gli idrovolanti, che si staccano e scendono in acqua, hanno raggiunto la velocità eccezionale di circa 680 km. all'ora (record mondiale di *Agello*: aprile 1933-XI). Oggi sono molto comuni gli apparecchi con velocità di 300 km. all'ora. Gravi pericoli per l'aviazione sono, il *gelo* che depositandosi sull'apparecchio lo appesantisce, e la *nebbia* che toglie al pilota l'orientamento.

Il campo dell'aviazione dell'avvenire è la *stratosfera*, cioè la parte di atmosfera al di sopra di 11 km. ove non esistono venti irregolari, nè nubi, nè tempeste e la resistenza dell'aria è molto minore. A quell'altezza la vita umana è impossibile a causa della forte rarefazione dell'aria che altera la respirazione e la circolazione del sangue, e del grande freddo; ma con cabine ermeticamente chiuse, e con motori appositamente costruiti, si potranno facilmente raggiungere velocità tali da attraversare in poche ore l'Oceano Atlantico.

L'Aeronautica Italiana possiede ottimi apparecchi ed ha compiuto voli meravigliosi per risultati tecnici e per valore di piloti. Essa rappresenta una delle armi più potenti di offesa e di difesa nelle guerre future.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

IX.

** Tornato a casa a mezzogiorno, ho trovato alla nostra tavola lo zio, quello delle «zucche», che è tenente pilota dell'arma Areonautica e che vedo sempre molto volentieri. Mi ha domandato notizie dei miei studi e gli ho detto delle esperienze che avevamo fatto a scuola sulla pressione atmosferica. Egli, sorridendo, prese la bottiglia del vino e la capovolse rapidamente nel suo bicchiere: mia madre gettò un grido mettendosi le mani nei capelli, temendo per la tovaglia; ma lo zio aveva avuto l'avvedutezza di mettere subito il collo della bottiglia ben dentro il bicchiere, cosicchè, appena il vino, versandosi, raggiunse l'orlo della bottiglia la pressione atmosferica impedì al liquido di uscire ancora. Anche io, dopo un po' di tempo capii il trucco; la manovra inversa, di levare la bottiglia dal bicchiere senza rovesciare una goccia di vino, è più difficile. In essa non c'entra la fisica, ma un po' di quella sveltezza e disinvoltura, che gli aviatori possiedono in ogni occasione.*

*** Dopo pranzo, lo zio mi ha condotto al campo d'aviazione, ove ho potuto ammirare da vicino un piccolo aeroplano da turismo più bello e più comodo di un'automobile. Con lo zio ero già stato a vedere qualche tempo fa, l'idrovolante «Umberto Maddalena» che ha dodici motori e dodici eliche e può trasportare più di quaranta persone. Mi disse che l'aviazione italiana si prepara a nuovi cimenti e che il rischio rende più dolce la vittoria.*

**** Gli ho domandato spiegazioni sulla fotografia di un aerostato che si staccava da terra ed era ancora per tre quarti sgonfio. Egli mi ha detto*

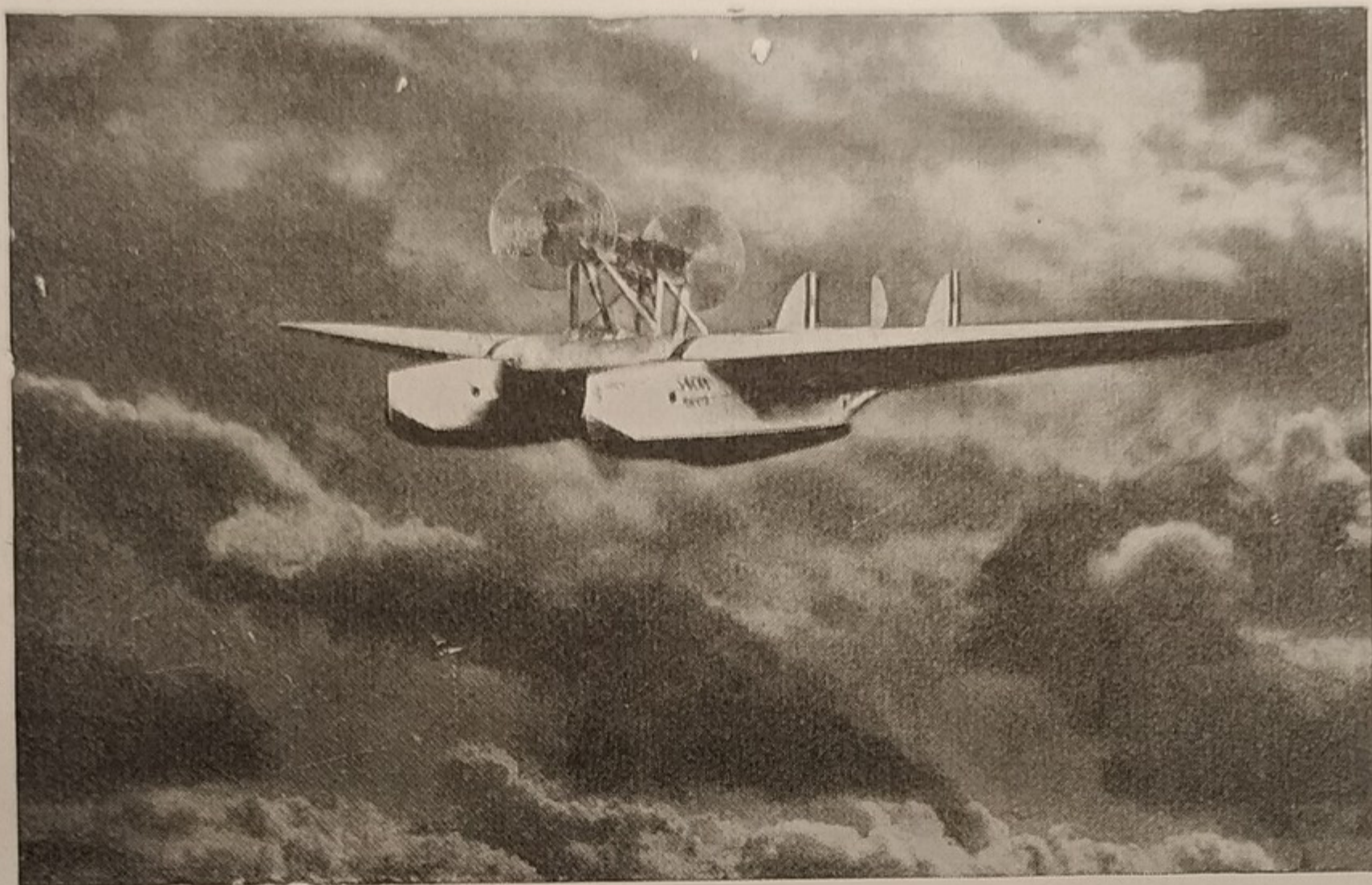



Fig. 84. — Un idrovolante.

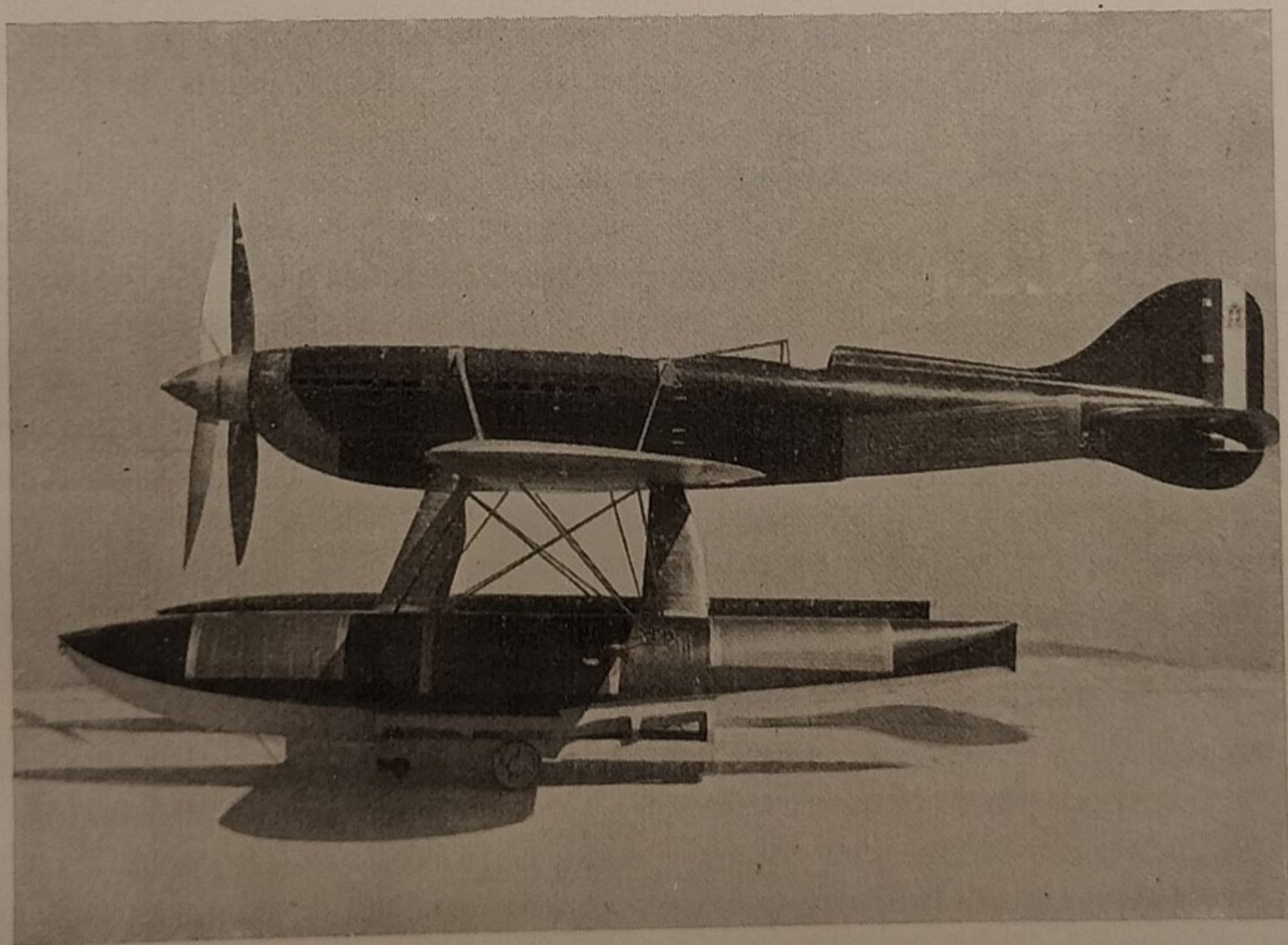



Fig. 85. — Un idrovolante da alta velocità.
(*Min. Aeronautica*).

che rappresentava la partenza dell'aerostato del Picard, che era riuscito a salire a sedici chilometri di altezza per eseguire esperienze di fisica. Nell'ascesa la pressione esterna si fa sempre minore ed il gas contenuto nell'involucro tende a dilatarsi e potrebbe anche far scoppiare il pallone se non gli si lasciasse lo spazio per espandersi: se si vuole utilizzare tutta la forza ascensionale dell'idrogeno per arrivare a grande altezza, non si deve lasciar sfuggire il gas.

Anche in Italia si fanno studi per volare nella stratosfera.

Lo zio mi ha inoltre promesso di portarmi quest'estate ad assistere ai « voli a vela », eseguiti con piccoli aeroplani senza motore, che vengono lanciati da una collina e si sostengono per effetto del vento contrario, e che sono pilotati anche da Avanguardisti.

PARTE IV.

ACUSTICA

62. Natura del suono. — Quasi tutti i fenomeni meccanici sono accompagnati da sensazioni uditive, che si dicono *suoni* o *rumori*.

L'anno scorso, studiando l'organo dell'udito, cioè l'*orecchio*, avrete appreso che nel fondo del canale uditivo vi è una membrana tesa detta *timpano* libera di vibrare. I movimenti di questa sono trasmessi dalla catena degli ossicini alla parte interna dell'orecchio, ove termina il nervo acustico, che ha la facoltà di tradurre in sensazioni sonore quei piccolissimi mivimenti.

Fig. 86. — INGRANDIMENTO DI UN FRAMMENTO DI DISCO FONOGRAFICO.

Le incisioni di un disco fonografico, invisibili ad occhio nudo possono riprodurre suoni uguali a quelli che le hanno tracciate.

Ora, affinchè la membrana del timpano vibri, occorre che sia in vibrazione anche l'aria in cui noi ci troviamo. Già spiegammo che per moto vibratorio (od oscillatorio) s'intende, per esempio, quello posseduto da una laminetta elastica fissa per un estremo ad una morsa, dopo che è stata spostata dalla posizione normale: questo movimento si trasmette all'aria che è anch'essa elastica e, se ha una certa frequenza, produce ai nostri orecchi un suono che dura finchè la lamina si muove. Appena il moto cessa, cessa anche il suono. Le vibrazioni della lamina possono dunque essere percepite dal nostro orecchio.

Che il suono sia dovuto alle vibrazioni rapidissime dei corpi, mantenute dalla loro elasticità, e che esistono anche se il corpo sembra immobile all'occhio, potete constatarlo in una corda metallica tesa: vi sarà impossibile appoggiare su di essa mentre suona, dei pezzetti di carta, che vi restano invece fermi quando il suono non si produce.

Quando una campana suona, e voi sapete che il suo suono va molto lontano, le vibrazioni del suo lembo sono così energiche che il contatto della vostra mano non riesce ad attutirle.

Vi è infine uno strumento capace di riprodurre abbastanza fedelmente i suoni ed i rumori, cioè il *fonografo*, che prova nel modo migliore che essi non sono altro che vibrazioni dell'aria. Nel fonografo, infatti, qualunque suono è prodotto nell'aria dalle vibrazioni di una lamina circolare sottilissima, detta *diaframma*, provocate dalle incisioni tracciate su di un disco, nel modo che più oltre vedremo (fig. 86).

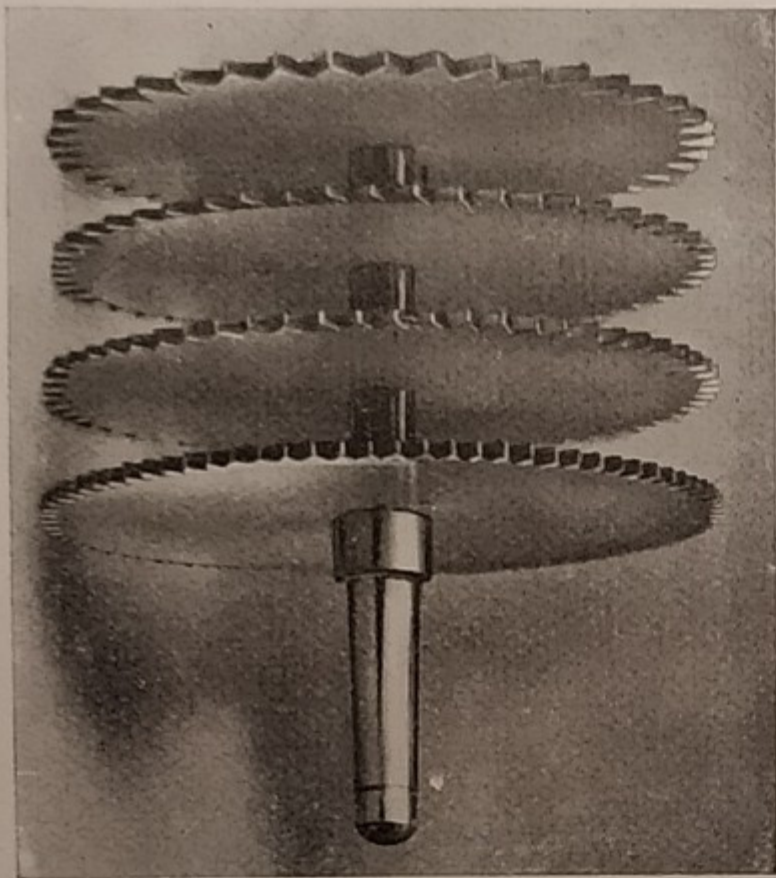



Fig. 87. — SIRENA A RUOTE DENTATE.

Le ruote vengono mosse da un motorino a mano o meccanico.

I denti delle ruote sono in numero di 40, 50, 60 ed 80 e producono suoni di diversa altezza. Per raggiungere il limite di udibilità, occorrono ruote molto più grandi. (*Off. Galileo*).

63. Limite dei suoni. — Vi sono degli apparecchi che permettono di contare le vibrazioni dei suoni da essi prodotti e quindi di provocarle in numero determinato. Il più semplice è la *sirena* o *ruota di Savart* che si riduce ad una ruota dentata (fig. 87), di cui si può, con un contagiri, determinare la velocità di rotazione. Sfiorando con un cartoncino o con una laminetta tenuta fra le dita, i denti della ruota, si producono anche nell'aria delle vibrazioni sonore. Se la ruota va lentamente, non si sente che il fruscìo della lamina, ma se, crescendo la velocità, il numero dei denti urtati diviene superiore a 16 al minuto secondo, si distingue dapprima un suono molto *basso* o *grave*, che va diventando sempre più alto ed *acuto*, fino a trasformarsi in uno stridore acutissimo che svanisce in un sibilo impercettibile. La frequenza delle vibrazioni è allora maggiore di 38 000.

Il carattere del suono che dipende dalla frequenza delle vibrazioni e che abbiamo ora distinto coi termini di *grave* ed *acuto*, si chiama *altezza*: si può dunque dire che l'orecchio percepisce come suoni, solamente le vibrazioni la cui altezza è compresa fra due valori corrispondenti a 16 e 38 000 vibrazioni al secondo (1).

I suoni usuali, però, quelli ad esempio su cui è fondata la musica, sono compresi fra le frequenze 50 ed 8000. Fra i suoni più comuni il fischio della locomotiva, è di altezza molto elevata.

64. Mezzo di propagazione del suono. — Se le vibrazioni di un corpo avvengono nel vuoto, il suono non si produce. Si può fare l'esperienza di mettere sotto la macchina pneumatica (fig. 88) un campa-

(1) Il limite superiore è molto variabile da un individuo ad un altro.

nello elettrico sospeso in modo che le vibrazioni del martelletto non si trasmettano alla campana, se non attraverso l'aria.

Quando l'aria viene tolta, il suono si affievolisce e può sparire del tutto, mentre il martelletto continua a battere contro il campanello che sembra diventato muto.

Ora, l'aria, trasmette le vibrazioni perchè è un corpo elastico, cioè è capace di deformarsi e di riprendere le condizioni iniziali solo dopo un certo numero di moti alternativi; ma qualunque corpo elastico può servire alla trasmissione del suono. Infatti tutti sapete che il suono si trasmette attraverso una porta, attraverso i muri ed anche attraverso i corpi liquidi.

Se però fra il corpo sonoro ed il nostro orecchio non vi è una catena continua di corpi elastici, il suono non viene percepito.

Fig. 88. — Campanello elettrico nel vuoto.

Il campanello è sospeso in modo che le vibrazioni del martelletto non si trasmettano alla campana di vetro, cosa che avverrebbe certamente se il campanello fosse direttamente appoggiato sul piatto.

65. Come si propaga il suono. — Tutti avrete osservato che se si getta un sasso in uno specchio d'acqua tranquilla, si vedono formarsi nel punto di caduta e poi distendersi circolarmente tanti anelli liquidi detti *onde*, che diminuiscono di altezza mentre aumentano di diametro, ma conservano sempre la forma circolare e la distanza relativa originarie. Ciò prova intanto che queste onde si propagano tutte con la stessa velocità (fig. 89).

Un piccolo galleggiante che si trova nello specchio d'acqua considerato, si solleva e si abbassa al passaggio dell'onda, ma in definitiva, non si sposta, mostrando che, nel propagarsi, la perturbazione ondosa non trasporta con sè materia.

Anche una membrana elastica tesa si comporterebbe analogamente.

Nell'aria, che è elastica ed omogenea in tutte le sue parti, le perturbazioni si propagano sfericamente e con le stesse caratteristiche in tutte le direzioni formando le *onde sonore*. Poichè qui la perturbazione non può consistere che in rapide *compressioni* e *rarefazioni* dell'aria, nell'onda di propagazione sonora si ritrovano queste stesse caratteristiche, cioè, procedendo nella direzione del suono, una re-

gione di aria compressa ed una regione di aria rarefatte alternate a forma di involucro sferico, e così via.

L'*intensità* o *ampiezza* di queste compressioni e rarefazioni e quindi l'intensità del suono, va diminuendo con la distanza fino a svanire del tutto alla distanza a cui, praticamente, le vibrazioni non hanno più l'energia necessaria per far vibrare il timpano del nostro orecchio.

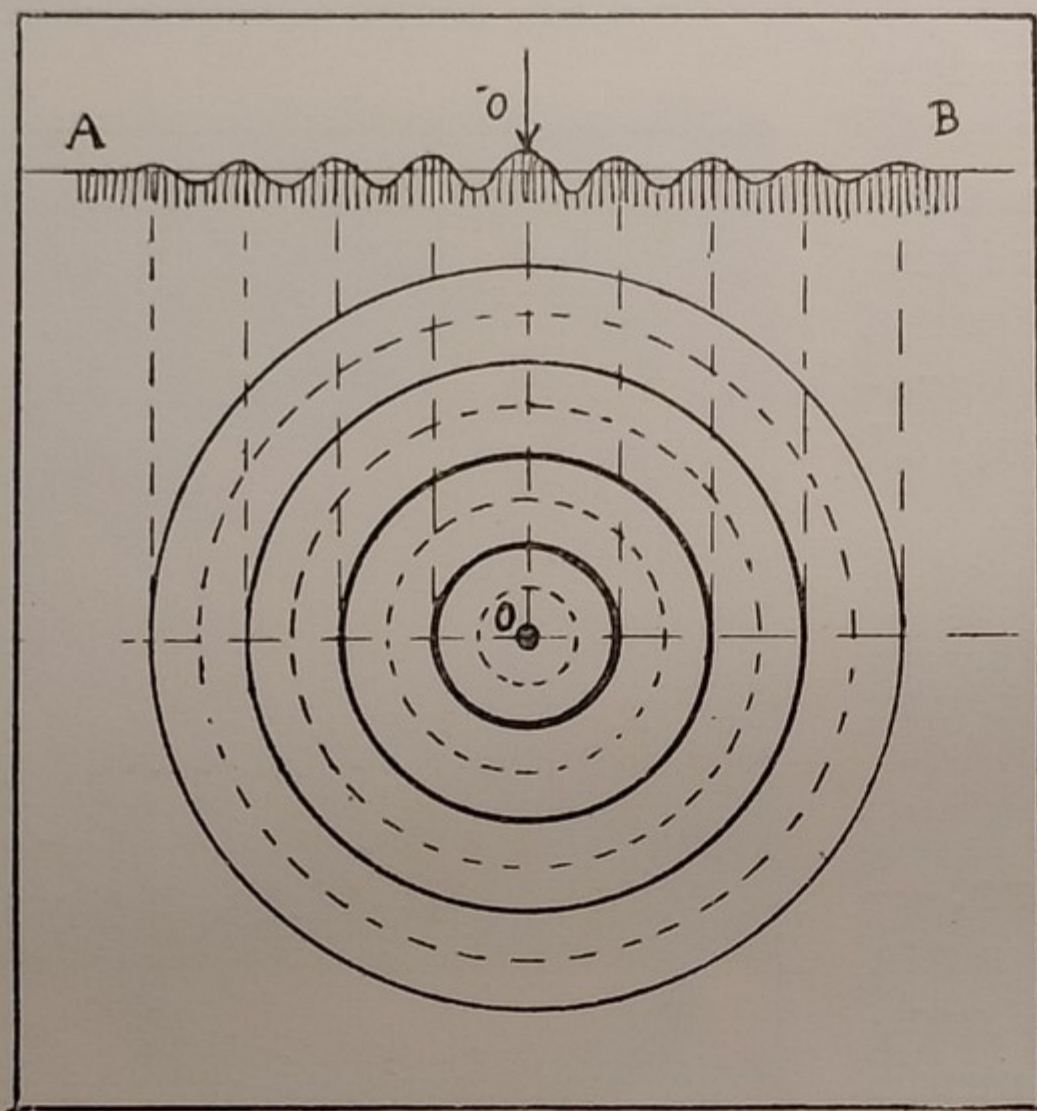



Fig. 89. — Onde alla superficie di un liquido.

Nella parte superiore della figura si vede la sezione di una superficie liquida perturbata in *O*, quando si sono già formate cinque onde. Nella parte inferiore la superficie del liquido è mostrata, schematicamente, dall'alto.

66. Velocità delle onde sonore. — Se il suono si propagasse con velocità grandissima non potremmo misurare con alcuno strumento quanto tempo impieghi il suono a percorrere la distanza fra il corpo sonoro ed il nostro orecchio.

Ma nulla si muove con velocità infinita! Anzi voi avrete osservato che se un operaio batte un grosso chiodo a 50 o 60 m. di distanza da voi, il colpo del martello giunge al vostro orecchio quando l'occhio vede già il martello rimbalzato dall'urto. Così un colpo d'arma da fuoco è sentito dopo lo sparo, se ci si trova lontano dalla traiettoria del proiettile, ed il tuono segue il lampo, talora dopo molti minuti secondi.

La velocità di propagazione del suono nell'aria è stata accuratamente misurata: per quanto varî colle condizioni del tempo e colla pressione atmosferica, è all'incirca di 340 m. al secondo. In cifra tonda, il suono impiega tre secondi a percorrere un chilometro, spazio che l'aeroplano più veloce percorre in sei o sette secondi.

Nell'acqua la velocità delle perturbazioni sonore è di circa 1435 m.; in certi solidi è ancora maggiore e può sorpassare, nell'acciaio, 5000 m. al secondo.

67. Riflessione del suono. — Qualunque ostacolo alla propagazione del suono modifica la forma sferica dell'onda. Avrete tutti osservato che l'onda che si propaga alla superficie dell'acqua, quando

incontra una parete piana, si ripiega o *si riflette,* ritornando dalla parte da cui è giunta. Fra tutti i punti dell'onda riflessa prodotta dal punto O (fig. 90) quello più distante dalla superficie piana riflettente giunge per primo in O, come se avesse seguito il cammino $OA + AO$. Per conoscere quando l'onda riflessa arriva in un altro punto C, basta conoscere la lunghezza del cammino $OB + BC$, i cui lati, OB e BC, formano angoli uguali con la perpendicolare BD alla superficie riflettente.

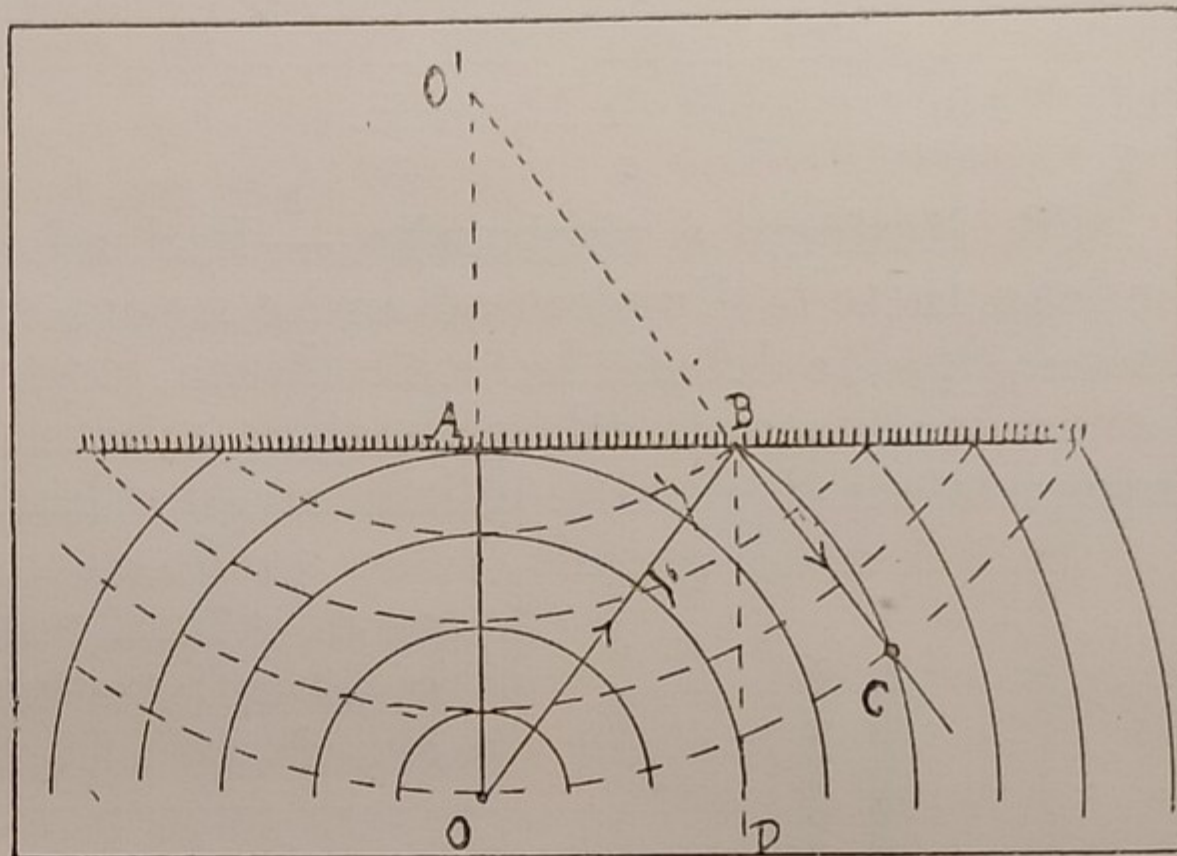



Fig. 90. — Onda diretta ed onda riflessa.

I cerchi continui rappresentano le creste delle onde non ancora riflesse; quelli tratteggiati rappresentano le creste delle onde riflesse che hanno per centro il punto O'.

Immaginando che il suono si propaghi per raggi rettilinei, si dice che l'angolo di incidenza $O\hat{B}D$ è uguale all'angolo di riflessione $D\hat{B}C$, proprio come accade nell'urto di una palla da biliardo contro la sponda (fig. 91).

Nel riflettersi, il suono può ripassare per lo stesso punto uno o più volte; così si spiega l'*eco*, fenomeno per cui, di fronte ad una parete piana ed un po' estesa, si sente la ripetizione di un suono già prodotto.

Fig. 91. — La riflessione nell'urto di una sfera contro un piano.

Vi è perfetta analogia fra la traiettoria di una palla che urta contro un piano rigido, e quella di un raggio sonoro che viene riflesso da un ostacolo piano. (*Off. Galileo*).

La parete riflettente deve però trovarsi alla distanza di circa *trenta metri,* almeno, perchè occorre che il suono riflesso ritorni nel punto di partenza, con un ritardo sufficiente ad essere percepito dall'orecchio separatamente dal suono originario, cioè circa 1/5 di secondo dopo che questo è cessato.

L'eco si dice *bisillaba, trisillaba, polisillaba,* se si sentono ripetere le ultime due, tre o più sillabe dell'ultima parola pronunciata. L'eco si dice *multipla* se lo stesso suono, che conviene sia molto intenso, si ripete più volte: nella Villa Simonetta presso Milano un colpo di pistola è ripetuto più di 12 volte.

68. Rinforzo e rimbombo. — Parlando all'aperto la voce si diffonde in tutte le direzioni ed anche a poca distanza dell'oratore la percezione è molto debole. In locale chiuso, le pareti ed il soffitto rimandano il suono nell'interno e la sensazione sonora risulta rafforzata dalla sovrapposizione degli altri infiniti suoni riflessi.

Se il locale è grande, come quello di un teatro o di una chiesa, i suoni riflessi possono giungere all'orecchio in istanti troppo diversi e, talora, con un ritardo tale da disturbare la percezione dei suoni successivi. Ciò è un grave inconveniente per l'audizione nitida della parola e per le esecuzioni musicali. Talora anzi il locale offre, per certi particolari suoni, un rinforzo così spiccato che il suono persiste a lungo coprendo gli altri o, come si dice, *rimbomba*. Tale fenomeno non è che un aspetto più complicato di un altro che ora studieremo.

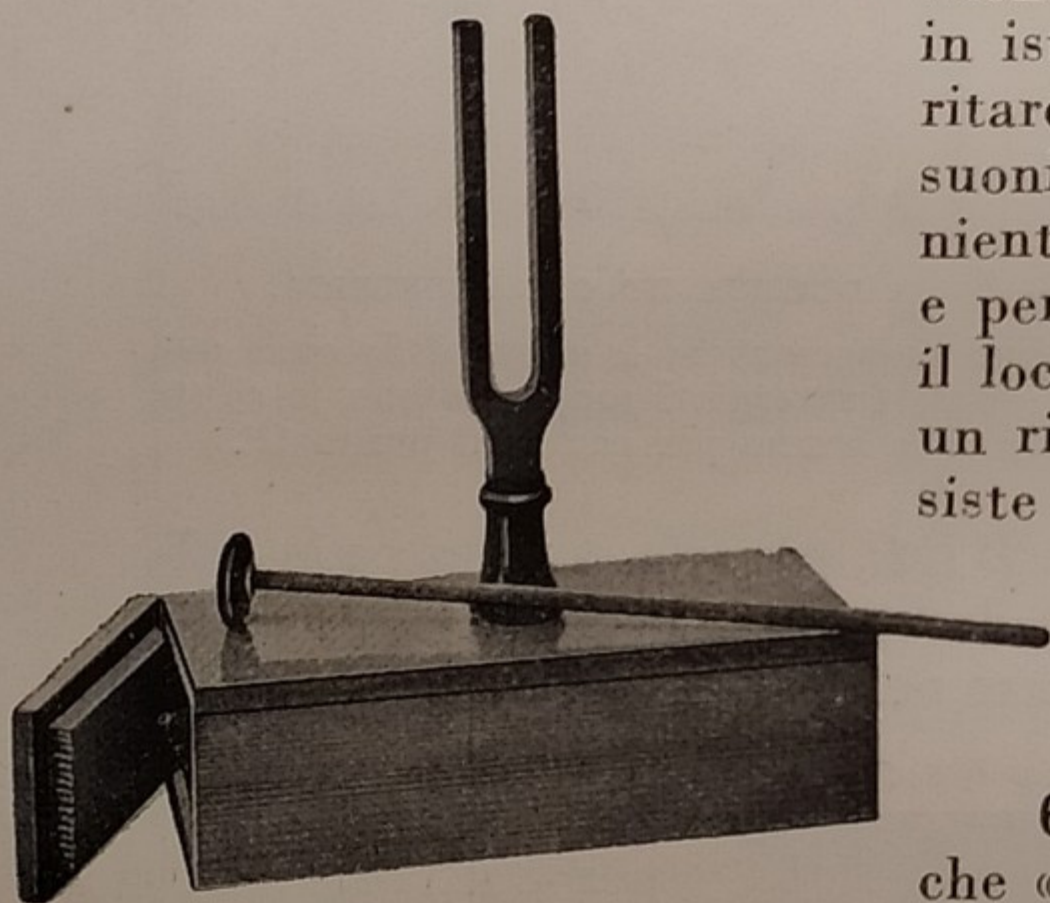



Fig. 92. — UN DIAPASON. (*Off. Galileo*).

69. La risonanza. — Se voi pensate che « risuonare » significa, etimologicamente, « ripetere il suono » avete già quasi capito di che si tratta.

Si prendano due strumenti perfettamente uguali, per esempio due *diapason* (fig. 92), capaci di produrre lo stesso suono. Se uno di essi viene messo in vibrazione, le onde sonore vanno a colpire l'altro con un ritmo che si accorda perfettamente con quello naturale di vibrazione di questo ultimo. Ammesso che l'onda sonora riesca a produrre uno spostamento anche piccolo nella massa del secondo, tutte le onde successive (e si badi bene che un diapason che riproduce la nota la_4, compie 435 oscillazioni al secondo) giungono al momento opportuno per sommare il loro effetto con quello delle precedenti. Dopo pochi secondi, fermando con la mano il primo diapason, si sente il suono dell'altro: questo dunque *risuona*.

Ora, l'aria contenuta in una cassa, in un tubo, in una stanza, tende a vibrare con frequenza determinata. Se un suono di questa frequenza viene prodotto in essa, l'aria stessa, ripetendo il suono, lo rin-

forza intensamente, mentre ciò non avviene per quei suoni che sono in disaccordo con quel suono caratteristico.

Infatti se l'esperienza precedente si ripete con due diapason disaccordati anche di poco, la risonanza non si verifica: il suono di un diapason la_4 è rinforzato da una colonna d'aria contenuta in un vaso cilindrico (fig. 93) in cui il livello dell'acqua dista dall'orlo circa 20 cm., ma il rinforzo non si produce se l'acqua ha un livello diverso.

I diapason sono di solito appoggiati ad una *cassetta* detta *di risonanza*, capace di rinforzare il suono prodotto da essi.

Gli strumenti musicali hanno tutti una o più casse di risonanza, cioè sono costruiti in modo da rinforzare i suoni da essi prodotti.

Una corda di violino tesa su di un tavolino produrrebbe un suono di timbro un po' diverso, ma soprattutto di intensità molto minore di quella che produce sullo strumento.

Fig. 93. — Risonanza di una colonna d'aria.

Si sente un rinforzo notevole del suono di un diapason, avvicinandolo ad una colonna d'aria di lunghezza determinata.

70. Caratteri dei suoni. — I suoni dunque differiscono:

a) per l'*intensità,* che è dovuta all'energia di vibrazione dell'aria e che varia di solito da luogo a luogo;

b) per l'*altezza,* cioè per la frequenza delle vibrazioni che è sempre costante per un dato suono;

c) per il *timbro* che dipende dal fatto che i suoni sono in generale formati dalla sovrapposizione di più vibrazioni semplici, una delle quali predomina sulle altre e caratterizza l'altezza del suono.

Così la stessa nota musicale prodotta con la stessa intensità da un violino e da un pianoforte è giudicata diversa nel timbro. Tale giudizio è possibile per la facoltà che ha l'orecchio di *analizzare* i suoni.

71. Suoni musicali. Note. — Due suoni prodotti simultaneamente od anche successivamente possono dare sensazione gradevole o sgradevole. Nel primo caso i suoni si dicono *consonanti*, nel secondo *dissonanti.*

Si è osservato che il rapporto fra le frequenze di suoni consonanti è sempre un numero aritmeticamente molto semplice. Se si dispongono in ordine di altezza crescente otto suoni musicali consonanti con un suono, ad esempio, di 100 vibrazioni al secondo, le loro frequenze sono le seguenti:

100; 112,5; 125; 133,3; 150; 166,6; 187,5; 200.

Essi formano la *scala maggiore naturale;* i loro nomi, ed il rapporto delle loro frequenze con quelle del primo suono detto *do*, sono:

DO_1	RE	MI	FA	SOL	LA	SI	DO_2
1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2

Invece il rapporto di ogni nota con la precedente non è costante. Per renderlo costante sono state inserite altre cinque note e precisamente nel 1º, 2º, 4º, 5º, 6º intervallo e son state lievemente spostate le altre note della scala naturale. Si è ottenuta così la *scala temperata*, che permette di riprodurre qualunque melodia, iniziandola con qualunque nota.

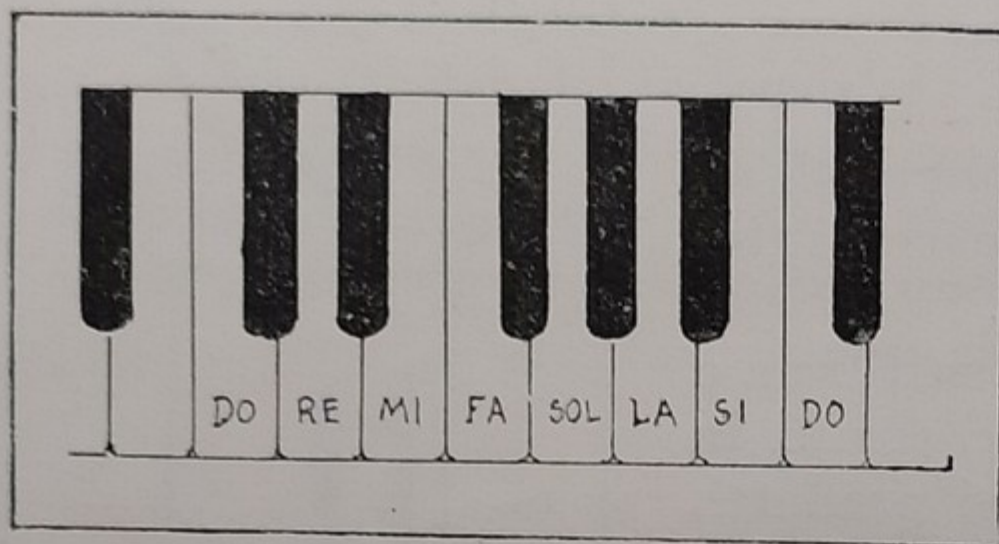



Fig. 94. — La tastiera del pianoforte.

Questa scala è riprodotta dal pianoforte. Per sentirne l'effetto musicale occorre battere tutti i tasti senza omettere quelli neri inseriti fra i sette tasti bianchi della scala naturale (fig. 94).

I musicisti hanno fissato anche quale nota si chiami *do*, quale *re*, ecc. Il *la normale*, su cui devono essere accordati tutti gli strumenti musicali, corrisponde alla frequenza di 435 vibrazioni complete al secondo, ed è costantemente riprodotto dai diapason normali.

Il *pianoforte*, il *violino*, il *mandolino*, sono i principali strumenti a corda. Nel pianoforte e nel mandolino le note sono obbligate mentre, nei violini e negli altri strumenti ad arco, si può produrre qualunque suono.

L'altezza della nota degli strumenti a corda dipende dalla qualità, dalla tensione e dalla lunghezza della corda.

Negli strumenti a fiato, come il *clarino*, il *flauto*, le *trombe* e nelle *canne dell'organo* è l'aria stessa contenuta nei detti tubi, che vibra o per l'atteggiamento delle labbra e della bocca del suonatore o per la forma dell'*imboccatura* dello strumento. Le varie note si ottengono variando la lunghezza della colonna d'aria che vibra, o anche solamente variando la forza del soffio che eccita lo strumento.

Fig. 95. — Un fonografo.

72. Riproduzione del suono. — Vi sono apparecchi che servono alla riproduzione di qualunque suono. Il più antico è il *fonografo*, il più perfetto è l'*altoparlante*, di cui parleremo a proposito del telefono.

Nel fonografo le vibrazioni di una punta metallica sono trasmesse ad una membrana sottilissima, per lo più di mica, (diaframma) che le trasforma in vibrazioni dell'aria. La punta è mossa da un solco tracciato su di un disco o su di un cilindro di materia dura (fig. 95).

Questo solco a sua volta non è che il tracciato delle vibrazioni che, mediante un apparecchio registratore, un'altra punta simile ha lasciato su di un disco di cera che ruotava, mentre il suono da riprodurre veniva emesso davanti il diaframma dell'apparecchio.

Il disco tenero inciso è stato poi indurito e quindi riprodotto in migliaia di esemplari. Oggi le applicazioni dell'elettricità hanno grandemente perfezionato, ma anche complicato, questo primitivo strumento.

73. La voce e l'udito. — La voce umana è prodotta dalle vibrazioni delle corde vocali che, come avrete appreso studiando il corpo umano, attraversano la laringe.

I suoni delle *vocali* differiscono tra loro per l'atteggiamento della bocca e della retrobocca, e possono durare finchè dura il fiato; quelli delle *consonanti* corrispondono a movimenti dell'apparato boccale, sono, per lo più, brevi e tendono a risolversi in quelli vocali.

Già spiegammo come funziona l'orecchio. Aggiungeremo che la *sordità* è grave ed irrimediabile, solamente se è paralizzato o leso il nervo acustico. Certi individui sordi, infatti sentono i suoni appoggiando il capo contro il corpo che vibra; le ossa del cranio trasmettono queste vibrazioni all'orecchio interno ove nasce la sensazione perchè il loro nervo acustico, non è insensibile.

Possedendo due orecchie, possiamo giudicare abbastanza bene la direzione da cui proviene il suono, poichè le due sensazioni uditive da esse raccolte sono in generale di diversa intensità e non contemporanee.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

X.

** Malgrado l'inverno non sia ancora finito, oggi c'è stato un violento temporale, che si è dileguato in breve tempo. Sono caduti dei fulmini alcuni dei quali molto vicino a casa mia. Infatti, per uno di essi, tra il bagliore del lampo ed il rumore del tuono, non sono intercorsi due secondi: abbiamo saputo poi che quel fulmine aveva incenerito i rami superiori di un grosso platano che dista circa cinquecento metri dalla mia abitazione.*

Quando mi sono accorto che gli intervalli tra i lampi ed i tuoni si allungavano, ho capito che il temporale si allontanava.

*** Sono stato a casa di Tonio per ripassare assieme la matematica ed ho visto così un tubo portavoce, con cui suo padre, che ha una fabbrica di scatole, comunica dallo studio col magazzino: il suono, riflesso dalle pareti*

del tubo, ne segue le svolte ed arriva abbastanza nitido all'orecchio. Ora c'è anche un telefono che lo sostituisce, ma l'impianto, che è stato fatto dal nonno di Tonio quando il telefono ancora non si conosceva, è stato conservato.

**** Tonio mi ha insegnato un bell'esperimento : ha legato, nel mezzo di uno spago sottile, una forchetta in modo che le punte restassero in basso ed ha appoggiato gli estremi dello spago contro le ossa della mia testa, presso le tempie. Se la forchetta pendola liberamente, ogni piccolo urto dato ad essa produce un suono che nell'aria è appena percettibile ma che, trasmesso dallo spago teso, è percepito come un suono armonioso di campane. Le punte della forchetta vibrano come quella di un diapason.*

Poi Tonio ha preso il violino, che studia da tre anni, e mi ha fatto sentire una graziosa sonatina : anche mia madre dice che Tonio riuscirà un bravo violinista! Mi ha mostrato come si accordano le quattro corde ; la terza corda deve dare il « la » normale, le altre, procedono per « quinta », cioè la successiva dà il « mi » dell'ottava sopra (che è la quinta nota dopo il « la ») e le precedenti, in ordine di altezza decrescente, danno il « re » ed il « sol » dell'ottava sotto.

Ora capisco anche un po' di armonia che Tonio mi ha spiegato eseguendo dei perfetti accordi di due o tre note.

PARTE V.

TERMOLOGIA

CAPITOLO I.

Calore e temperatura.

74. Prime nozioni sul calore. — Tutti abbiamo provato *sensazioni di caldo* e di *freddo*. Esse ci sono date dal *tatto*, cioè da quel senso distribuito su tutta la pelle e che è anche capace di avvertire la presenza dei corpi e rivelarcene la forma, senza l'intervento della vista e dell'udito.

La causa di quelle sensazioni, si chiama *calore*.

Il calore, per quanto contenuto in tutti i corpi, *non è materia*, ma una forma particolare di energia, perchè è capace di trasformarsi in altre forme di energia cioè di produrre, come spiegheremo, *lavoro meccanico, luce* ed *elettricità*.

75. Le sensazioni dovute al calore non sono, nè precise, nè sicure. — Tutti i sensi ci possono indurre in errore, ma quello del tatto è molto facile a tradirci. Ora vi convincerete subito che i termini di caldo e di freddo, che sembrano tanto chiari ed assoluti, si possono confondere.

Prendete tre catinelle in cui verserete, nella prima a sinistra, acqua fredda presa per esempio dall'acquedotto; nella terza, a destra, acqua sicuramente calda (che non vi scotti, per carità!), e nella seconda, che porrete in mezzo alle altre due, per metà altra acqua fredda e per metà altra acqua calda. Questa acqua potrete benissimo chiamarla *tiepida*, cioè nè calda, nè fredda: va bene?

Mettete allora le due mani nelle catinelle estreme e tenetevele un po' di tempo; la mano sinistra sentirà freddo, quella destra caldo. Poi, levatele e, contemporaneamente, ponetele nella catinella di acqua tiepida: quella sinistra sentirà caldo, e vorrà giudicare che l'acqua è calda, quella destra sentirà freddo, e vorrà giudicare che l'acqua è fredda.

Ambedue le sensazioni sono giuste, ma non si può dar ragione ad ambedue! L'acqua di quest'ultima catinella è, dunque, calda o fredda?

La domanda non merita alcuna risposta categorica: il vostro tatto sarà un servitore in buona fede, ma è troppo ingenuo. Che ne fareste di un servitore che si lasciasse ingannare negli incarichi che gli date? Lo mandereste a spasso! Noi faremo lo stesso del tatto, se vorremo studiare con qualche risultato i fenomeni calorifici, ed useremo uno strumento capace di determinare con sicurezza le condizioni del calore nei corpi, cioè il *termometro*.

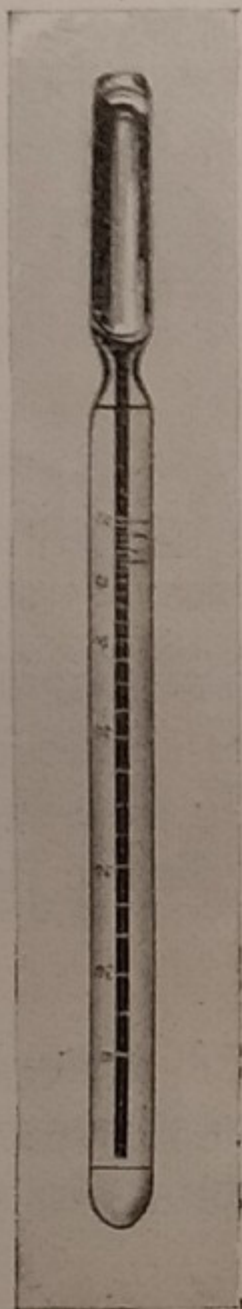



Fig. 96. — Un termometro.

Il tubo contenente il mercurio è quello nero sottile, interno.

Sull'involucro di protezione di vetro, esterno, è tracciata una scala.

(*Off. Galileo*).

76. Che cosa è la temperatura. — Prendiamo un *termometro* (fig. 96), cioè un piccolo recipiente col collo lungo, sottile e graduato, pieno di *mercurio* fino ad un certo punto, ed immergiamone il bulbo nella catinella d'acqua fredda. Il livello stabilmente raggiunto dal mercurio lo potremo leggere sulla scala graduata, delle cui graduazioni non importa per ora conoscere il significato: questo livello sia ad esempio quello segnato dalla divisione 10. Passiamo ora il termometro nella catinella calda: il livello raggiunto dal mercurio lo troveremo più elevato di prima e sia, per esempio, quello segnato 50. Se il livello del mercurio del termometro si chiama *temperatura,* possiamo dire che il corpo caldo ha temperatura più elevata di quello freddo.

Mettendo ora il termometro nella catinella di mezzo, leggeremo invece 30. Potremo allora trarre la legge importante che ponendo in contatto due corpi a temperatura diversa, come le due masse d'acqua che sono state mescolate nella terza catinella, essi tendono ad acquistare una temperatura intermedia fra quelle inizialmente possedute. Le due masse d'acqua hanno raggiunto, come si dice, un nuovo *equilibrio termico.*

Se il calore fosse un fluido contenuto in maggiore quantità nei corpi più caldi, sarebbe facile concludere che i corpi caldi cedono del calore a quelli più freddi. La temperatura è dunque una condizione sotto cui si presenta il calore, del tutto analoga al livello raggiunto da un liquido, nel senso che, come il dislivello tra due liquidi in vasi comunicanti determina il moto di uno di essi, così la differenza di temperatura tra due corpi in contatto determina un passaggio di calore dal corpo più caldo a quello meno caldo.

La temperatura si dice anche perciò *livello termico.*

77. Come è graduato un termometro. — Nel termometro ordinario il liquido indicatore è *mercurio* od *alcool colorato*. Come abbiamo già accennato parlando delle proprietà generali della materia, i corpi, quando acquistano calore, si dilatano: sono dunque le variazioni di volume del mercurio che servono come misura delle temperature.

Ma a noi importa conoscere come sono state segnate le graduazioni che servono alla *lettura* del termometro. L'indicazione 0°, è stata ottenuta mettendo il bulbo del termometro in contatto con frammenti di ghiaccio puro che sta fondendosi (fig. 97), fenomeno che l'esperienza insegna che avviene sempre nelle stesse condizioni di temperatura; l'indicazione 100°, si ottiene invece avvolgendo il termometro con vapori di acqua bollente, purchè la loro pressione sia esattamente di 76 cm. di mercurio (fig. 98).

Fig. 98. — Apparecchio per la determinazione del punto 100° dei termometri centigradi.

Nella piccola caldaia inferiore bolle l'acqua: i suoi vapori sfuggono pel tubo laterale di sinistra dopo aver lambito a lungo il termometro che s infila dall'alto. Il tubo di destra ad *U* è un manometro ad acqua che serve a misurare la pressione del vapore, conoscendo quella dell'atmosfera. (*Off. Galileo*).

Fig. 97. — Apparecchio per la determinazione dello zero dei termometri.

Il termometro si affonda tra i pezzi di ghiaccio contenuti nella parte cilindrica, mentre l'acqua fusa si scarica in basso. (*Off. Galileo*).

Questo intervallo di temperatura è stato diviso in cento parti uguali, ognuna delle quali, detta *grado centigrado,* o *Celsius,* corrisponde dunque alla centesima parte del salto di temperatura che subisce l'acqua quando passa dallo stato di fusione a quello di ebollizione.

Alcuni termometri non arrivano a contenere le due temperature fisse suddette: essi sono stati però graduati, confrontandoli con altri ben costruiti.

La *scala centigrada,* che può essere prolungata sopra il 100° e sotto lo 0° (nel qual caso i gradi si dicono *sotto zero* o *negativi*) è, naturalmente, convenzionale, ed è oramai quasi esclusivamente adottata.

Vi sono ancora in uso, specialmente nelle abitazioni, dei termometri in cui il suddetto intervallo è diviso in 80 parti: la scala si dice allora *Réaumur* od *ottantigrada* e sul termometro si trova scritto chiaramente

una *R*. La temperatura centigrada corrispondente a quella ottantigrada, si ottiene aggiungendo alla temperatura stessa il quarto del numero dei suoi gradi. Per esempio: $36^{o}\ R = (36 + 1/4 \cdot 36^{o})\ C = 45^{o}\ C$.

Un'altra scala usata nei paesi anglo-sassoni è la *Fahrenheit*, i cui punti fissi suddetti si chiamano 32° e 212° (fig. 99).

Se non si dice altro, s'intende che la temperatura è espressa in gradi centigradi.

Fig. 99. — TERMOMETRO A TRE SCALE.

Lungo il cannello di un termometro unico sono incise tre scale: la Reaumur (*R*) da 0° ad 80°; la Celsius (*C*) da 0° a 100°; la Fahrenheit (*F*) da 32° a 212°. È facile la lettura dei tre diversi valori con cui si può esprimere la stessa temperatura.

(*Off. Galileo*).

Fig. 100. — TERMOMETRO CLINICO.

Il termometro segna 38°,5, ma la temperatura a cui si trova il termometro è certamente inferiore, perchè il mercurio del bulbo è staccato da quello del cannello.

Fig. 101. — TERMOMETRO A MASSIMA ED A MINIMA.

78. Vari tipi di termometri. — La temperatura del corpo umano, che è ordinariamente di 37°, si misura comodamente con i termometri *clinici* o *da febbre*. La loro scala va da 35° a 42°. L'organismo umano non può sopportare a lungo temperature fuori di questi limiti.

Mediante questi termometri si cerca di conoscere la temperatura massima raggiunta dal termometro mentre è in contatto col nostro corpo. Il cannello ha perciò, alla sua base, una leggera strozzatura (fig. 100) che impedisce alla colonna di mercurio, salita nel tubo, di discendere spontaneamente. Il suo estremo superiore indica quindi stabilmente la temperatura che interessa, anche quando il termometro, levato dall'ascella dell'ammalato, si raffredda. Con uno scuotimento energico dello strumento, il mercurio ritorna nel bulbo, ed è pronto per una nuova misura.

Per le osservazioni meteorologiche, di cui parleremo più avanti,

si usano termometri a *massima* ed a *minima* che indicano la più alta e la più bassa temperatura segnata dal termometro dal momento in cui è stato rimesso a posto (fig. 101).

Per la determinazione di temperature inferiori a 30° sotto zero, si usano termometri ad *alcool colorato,* anzichè a mercurio, perchè questo, a circa 40° sotto zero, si congela.

Per temperature superiori a + 300° circa, si usano *termometri metallici* od anche *pirometri,* di vari sistemi (figg. 102 e 103).

Fig. 102. — Un termometro metallico.

La spirale metallica consta di due nastri paralleli di metalli diversi con i capi riuniti. Essa si svolge o si riavvolge per effetto delle variazioni di temperatura che sono misurate dall'indice orizzontale. Questo strumento è molto sensibile e le correnti d'aria lo danneggerebbero se non fosse conservato sotto una campana di vetro. (*Off. Galileo*).

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XI.

** Sono stato a letto per due giorni con la febbre, per un po' di influenza. La sera prima sentivo caldo al viso, ma poi mi prese un gran freddo addosso. La mamma capì subito di che cosa si trattava ed il termometro confermò col suo 39°, che bisognava curarsi.*

Quando, guarito, venne Tonio a casa per mettermi al corrente delle lezioni di scuola, e mi parlò del calore e della temperatura, capii la causa della sensazione di freddo, che si prova quando si ha la febbre elevata e non si sta a letto.

L'aumento di temperatura determina una perdita di calore maggiore del solito e quindi l'illusione che l'aria esterna si sia raffreddata. La stessa cosa si prova infatti quando c'è vento; il rapido ricambio dell'aria in contatto

Fig. 103. — Termometro registratore.

Il termometro metallico si trova esternamente alla cassetta, protetto dalla rete metallica di destra. L'indice traccia su di un cilindro mosso da un meccanismo di orologeria l'andamento della temperatura durante un'intera settimana. (*Off. Galileo*).

con la nostra pelle, accelera la perdita di calore degli organi superficiali e desta quindi in noi una sensazione di freddo, più intensa di quella che produce la stessa aria tranquilla.

Il ventaglio è usato appunto per questo!

CAPITOLO II.

Dilatazione dei corpi.

79. Dilatazione dei solidi. — Per *dilatazione,* in genere s'intende ogni variazione di volume che accompagna le variazioni di temperatura di un corpo. Come accennammo, essa è una proprietà generale della materia, quantunque vi siano sostanze che la godono in misura piccolissima.

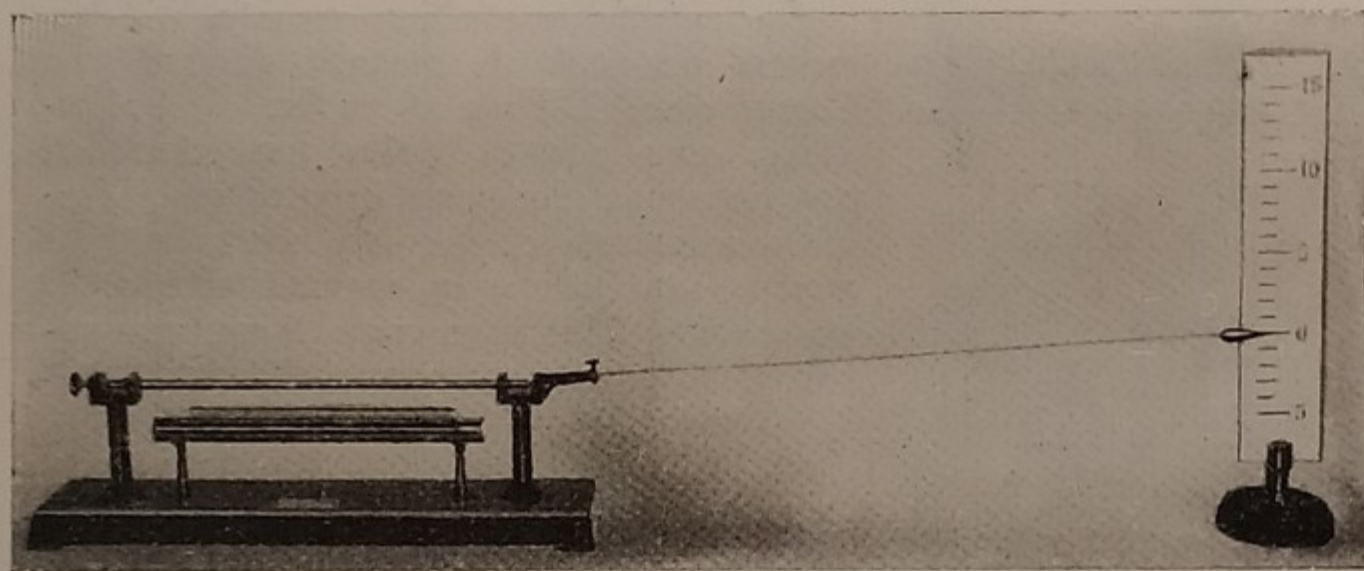



Fig. 104. — Apparecchio per lo studio della dilatazione lineare.

Diverse sbarrette possono essere successivamente portate alla temperatura di combustione dell'alcool nell'apparecchio di sinistra. Il loro allungamento ineguale è reso ben visibile da un lungo indice sulla scala verticale di destra. (*Off. Galileo*).

Per studiare la dilatabilità dei diversi corpi solidi, questi si riducono in sbarrette di cui si misura accuratamente la lunghezza ad una temperatura iniziale (di solito a 0°), e la lunghezza definitiva, raggiunta ad una temperatura maggiore (fig. 104).

L'allungamento totale, cioè la differenza tra le due lunghezze, diviso per il numero dei gradi di riscaldamento e per la lunghezza iniziale, dà il *coefficiente di dilatazione lineare della sostanza.*

L'argento per esempio, ha per coefficiente di dilatazione 0,000019 perchè una sbarra lunga un metro, riscaldata da 0° C a 1° C, si allunga di metri 0,000019 = mm. 0,019. La stessa sbarra alla temperatura di 100° ha dunque la lunghezza di m. 1,0019.

Il metallo più dilatabile è lo *zinco.* Il *platino* ed il *vetro* si dilatano solamente di un quarto di ciò che si dilata lo zinco.

Molte sono le conseguenze della dilatazione: i lunghi ponti, specialmente metallici, subiscono per effetto delle variazioni di tempera-

tura dell'aria, che possono sorpassare 50° C. tra la massima dell'estate e la minima dell'inverno, delle variazioni di lunghezza considerevoli. Per permettere la dilatazione dei ponti e per evitare che scivolino dagli appoggi, essi vengono ancorati da una parte ed appoggiati su rulli di acciaio dall'altra.

Fig. 105. — CONTRAZIONE DI UNA SBARRA METALLICA.

La sbarra prismatica viene fortemente riscaldata e poi stretta tra la vite di destra ed un'asta di ghisa infilata nell'occhiello di sinistra. Dopo poco tempo, l'asta di ghisa, che non può flettersi, si spezza di schianto dimostrando la grande energia di contrazione della sbarra. (*Off. Galileo*).

La forza di contrazione delle sbarre d'acciaio col raffreddamento è enorme (fig. 105). I cerchioni di ferro che formano la battuta delle ruote di legno, vengono scaldati per metterli a posto perchè, raffreddandosi, possano stringere fra loro i raggi ed il mozzo della ruota, e rendere le ruote resistenti a tutti gli urti.

L'allungamento che l'aumento di temperatura produce nei *pendoli*, tende ad allungare il periodo di oscillazione, e l'orologio ritarda se il pendolo non è compensato in modo da non risentire quell'effetto (fig. 106).

Fig. 106. — PENDOLO COMPENSATO.

Numerando le cinque sbarrette parallele, troverete che quelle 1, 3 e 5 sono di ottone e tendono naturalmente ad abbassare la lente del pendolo, quando la temperatura aumenta, ma che quelle 2 e 4 sono di ferro e tendono ad innalzarla della stessa quantità. Il pendolo conserva dunque la sua lunghezza malgrado le variazioni di temperatura.
(*Off. Galileo*).

Infine si ricordi che la dilatazione dei solidi avviene in tutte le direzioni, come dimostra l'esperienza di Gravesande (fig. 5): il corpo riscaldato aumenta dunque sia di superficie esterna che di volume e, in generale, senza deformarsi, perchè un corpo cavo si dilata come se fosse pieno della stessa sostanza di cui è formato.

80. Dilatazione dei liquidi. — Già osservammo nella prima parte, che la *dilatazione dei liquidi* è più grande di quella dei solidi. Infatti, riscaldando un liquido contenuto in un recipiente, dapprima solamente questo si dilata ed il livello del liquido scende, ma poi il liquido sorpassa ben presto il

livello iniziale, mostrando una dilatazione detta *apparente*. Infatti quella *vera* si può ottenere solamente aggiungendo a quella apparente la dilatazione del *recipiente*.

La dilatazione del mercurio però, è stata determinata indipendentemente da qualsiasi recipiente. È possibile allora conoscere, la dilatazione di un recipiente come differenza tra quella vera del mercurio, già nota, e quella apparente dello stesso mercurio quando è contenuto nel recipiente.

81. Dilatazione anormale dell'acqua. — Si è così scoperto che la dilatazione dell'acqua non è regolare. Se si parte dalla temperatura ordinaria, per esempio da 15° C., il volume dell'acqua aumenta con la temperatura.

Ma se l'acqua viene raffreddata, la diminuzione di volume avviene solamente finchè si arriva alla temperatura di 4° C.: ogni raffreddamento al di sotto di 4° C., produce un aumento del volume dell'acqua, che diviene più leggera. Infatti nel fondo di un recipiente di acqua dolce che va congelandosi la temperatura dell'acqua non scende sotto i 4°, mentre la parte superiore del liquido comincia a solidificarsi. Tutti poi sanno che il ghiaccio è più leggero dell'acqua su cui, infatti, galleggia.

Se così non fosse, nelle parti più profonde dei mari e dei laghi si raccoglierebbe acqua sempre più fredda fino alla formazione del ghiaccio, che i raggi solari non potrebbero raggiungere e liquefare.

Sembra che la natura voglia, con tale anomalia, proteggere la vita vegetale ed animale che non avrebbe potuto evolversi e mantenersi nelle condizioni attuali, se l'acqua si comportasse come le altre sostanze e gli oceani fossero ghiacciati in tutta la loro massa.

82. Dilatazione dei gas. — I gas si dilatano notevolmente più dei liquidi ma, e ciò è molto importante, si dilatano all'incirca tutti nella stessa misura.

Il volume di un qualunque corpo allo stato gassoso aumenta circa di 1/273 per il riscaldamento di un grado centigrado, e diminuisce nella stessa misura per il raffreddamento.

Se la contrazione si mantenesse costante il raffreddamento di un gas fino a 273 gradi sotto lo zero, annullerebbe dunque il suo volume? Ma se così fosse la materia perderebbe una delle sue proprietà essenziali: l'estensione! Che cosa avverrebbe allora?

Si è cercato con tutti i mezzi di raggiungere questa bassa temperatura che è stata chiamata dello *zero assoluto*, ma non vi si è potuto arrivare che molto vicino: è certo però, che tutti i corpi sono solidi a questa temperatura, come se le molecole fossero divenute immobili.

A questa temperatura anche la pressione di un gas dovrebbe essere nulla, cioè il gas non dovrebbe avere più nemmeno *espansione*.

Infatti, se un gas è chiuso in un recipiente, anche la pressione varia circa di 1/273 del suo valore per ogni grado di variazione della temperatura. Dunque, alla temperatura dello zero assoluto, deve mancare alla materia la possibilità di possedere e di manifestare dell'energia, e manca quindi anche ogni sorta di calore.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XII.

** Il metro campione, che rappresenta l'unità immutabile di lunghezza, è conservato a Parigi e la sua lunghezza è esatta solo alla temperatura di zero gradi. Ad un'altra temperatura, per esempio a quella di 15 gradi, il campione del metro diviene un po' più lungo, per quanto si tratti solo di millesimi di millimetro.*

La variazione totale di lunghezza che subiscono invece le rotaie della strada ferrata tra l'inverno e l'estate sarebbe grandissima data la loro lunghezza e le rotaie si spezzerebbero se non fossero già costruite in pezzi e questi non fossero posti ad una piccola distanza che consente la loro dilatazione.

*** Ieri quando ho fatto il bagno, l'acqua preparata nella vasca era troppo calda, ed ho fatto scorrere dell'acqua fredda. Ma, entrando nell'acqua, l'ho sentita ugualmente calda perchè quella fredda, cadendo con forza e con getto regolare, si era raccolta nella parte più bassa. Solamente dopo averla bene agitata, l'acqua ha raggiunto la giusta temperatura.*

Un fatto simile succede nelle stanze riscaldate: oggi ho portato il termometro in alto vicino al soffitto e poi in basso vicino al pavimento ed ho trovato una differenza di temperatura di quasi due gradi!

**** Nei camini l'aria calda ha un peso specifico molto minore dell'aria esterna e perciò tende a salire: quanto più lungo è il camino tanto più intensa è la spinta verso l'alto, cioè il tiraggio. Ho capito anche perchè gli alti camini delle fabbriche si restringono verso l'alto; i gas caldi, salendo, si raffreddano ed occupano un volume sempre minore.*

CAPITOLO III.

Propagazione del calore.

83. — Quando la temperatura di un corpo ha subìto una variazione, si dice anche che il corpo ha acquistato o ceduto calore. Durante questo fenomeno sembra che il calore, come se fosse un fluido che si muova per effetto di dislivelli termici, si propaghi dai punti più caldi verso quelli che si trovano a temperatura inferiore, fino ad uguagliarne tutti i valori. Allora la propagazione cessa. Essa può avvenire in tre modi: *a*) per *conduzione*; *b*) per *convezione*; *c*) per *irradiazione*.

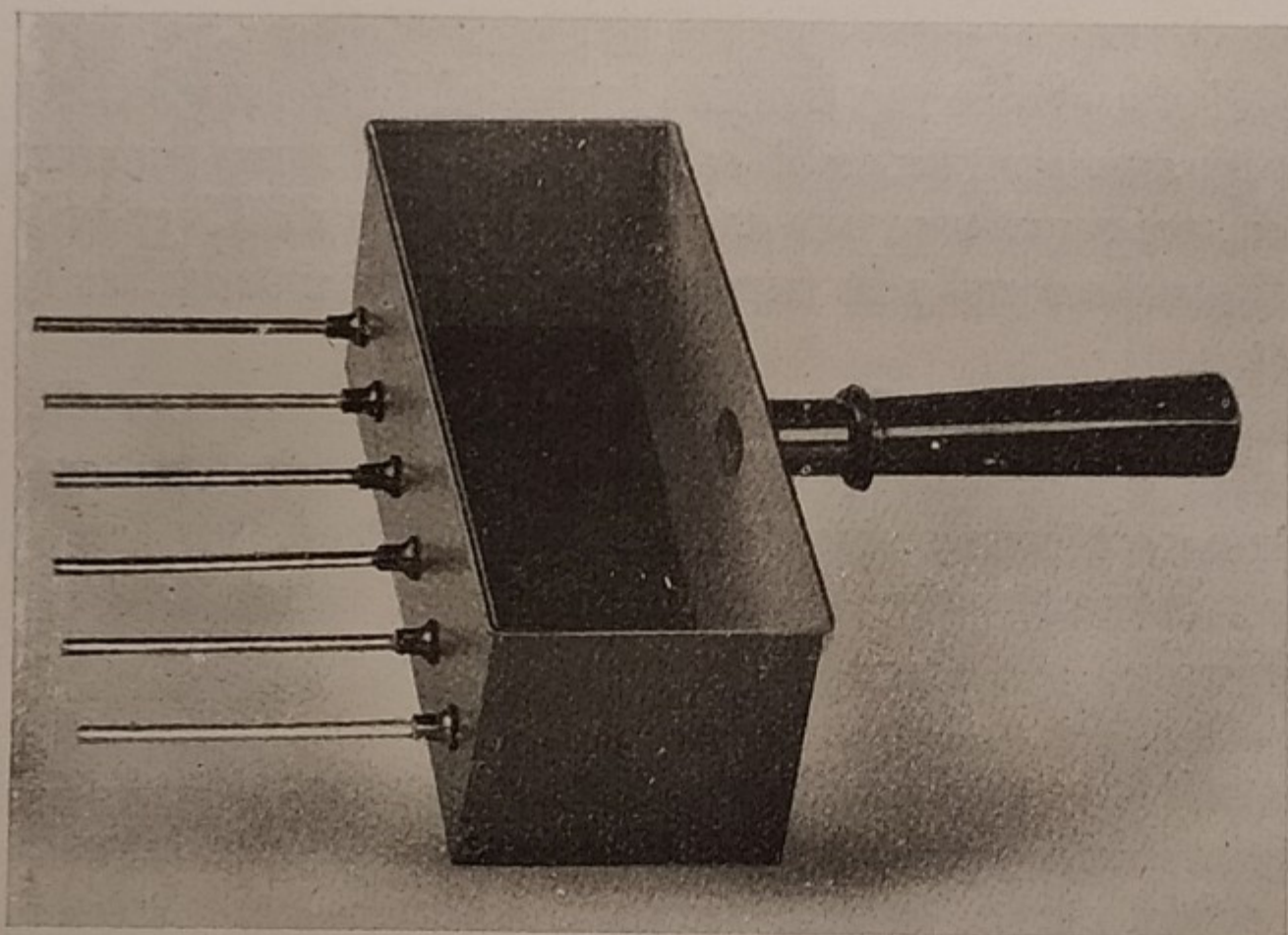



Fig. 107. — Conducibilità dei solidi.

Le sei sbarrette infilate nel fianco della cassetta metallica sono di *ferro, rame, argentana, zinco, piombo* e *vetro*, e sono ricoperte di un leggero strato di paraffina. Versando nella cassetta dell'acqua bollente, la paraffina si liquefa nei punti in cui la temperatura delle sbarrette raggiunge 46°. Ma quando lungo l'asta di rame la paraffina si è tutta liquefatta, lungo le altre la liquefazione ha raggiunto punti sempre meno distanti dalla cassetta. Per il vetro, anzi, la liquefazione è appena iniziata.

(*Off. Galileo*).

84. Conduzione. — È il caso in cui una sbarra metallica scaldata ad una fiamma ad una estremità, si riscalda all'altro estremo (come possiamo constatare tenendola in mano) senza che l'aria circostante si riscaldi nella stessa misura, proprio come se il calore fosse un fluido che venisse condotto dalla materia lungo la sbarra rimasta immobile. Con un paragone grossolano si può dire che i corpi conducono il calore, così come le rotaie guidano il treno.

Tutti i corpi conducono più o meno bene il calore, ed in misura diversissima. Fra i corpi solidi i metalli conducono meglio del vetro e delle sostanze vegetali (fig. 107), e l'argento conduce meglio di ogni altro metallo. Un pezzo di legno invece può essere tenuto in mano ad una estremità mentre l'altra brucia; il manico degli arnesi che vanno espo-

sti al fuoco è di legno o di altra sostanza solida isolante o cattiva conduttrice del calore, per poterli maneggiare senza scottarsi.

I liquidi sono in generale meno buoni conduttori dei solidi, ed i gas lo sono ancora meno.

I vestiti di lana ci proteggono dal freddo sopra tutto per la cattiva conducibilità calorifica dell'aria che resta imprigionata fra le fibre del tessuto. Le doppie finestre che si usano d'inverno nei paesi freddi proteggono gli ambienti abitati dal raffreddamento, sopra tutto in virtù dello strato d'aria, che resta racchiuso tra di esse.

Fig. 108. — Schema delle correnti di convezione in un liquido.

A è una fiamma a gas. Le frecce indicano la direzione del moto delle particelle liquide, quando il riscaldamento si produce nella parte centrale del fondo.

85. Convezione. — Scaldando la parte inferiore di un recipiente contenente un liquido od un gas, il fluido, riscaldato per conduzione attraverso il fondo del recipiente, diviene più leggero e sale trasportando con sè il calore ricevuto: questo si trasmette perciò rapidamente alle parti superiori (fig. 108). Il calore è dunque, in questo caso, trasportato dalla materia fluida in moto: il fenomeno, molto comune, si dice *convezione* (1) che significa appunto trasporto cumulativo.

Fig. 109. — Conducibilità dei liquidi.

Per evitare le correnti di convezione il liquido *A* si può riscaldare dall'alto, versando acqua od olio bollente nel recipiente superiore *B*. Dei tre termometri quello inferiore resta stazionario, mentre quello più in alto accusa un forte aumento di temperatura.

La conducibilità dei fluidi s'intende sempre riferita al fluido immobile: per evitare le correnti di convezione il fluido deve essere riscaldato dall'alto (fig. 109).

Sopra i corpi più caldi dell'aria dell'ambiente, come fornelli, stufe, ecc., si può constatare una colonna *convettiva* di aria calda che sale perchè specificamente più leggera di quella circostante. L'aspirazione dei camini, necessaria per alimentare la fiamma ed asportare il fumo, avviene per convezione.

Se un liquido può circolare in una tubazione continua con rami a diverso

---

(1) E non "convenzione" che è tutt'altro termine.

livello, il riscaldamento di uno dei rami verticali determina il sollevamento della parte di liquido riscaldata, che trascina nel suo movimento il liquido rimanente (fig. 110). Nuovo liquido ancora freddo viene in contatto colla sorgente di calore e mantiene il moto, finchè c'è differenza di temperatura fra i rami verticali. Questa corrente può alimentare un *radiatore*, cioè un recipiente a grande superficie capace di cedere rapidamente il calore all'aria esterna e di far raffreddare l'acqua che ritorna in circolo: questo è il principio del *termosifone*.

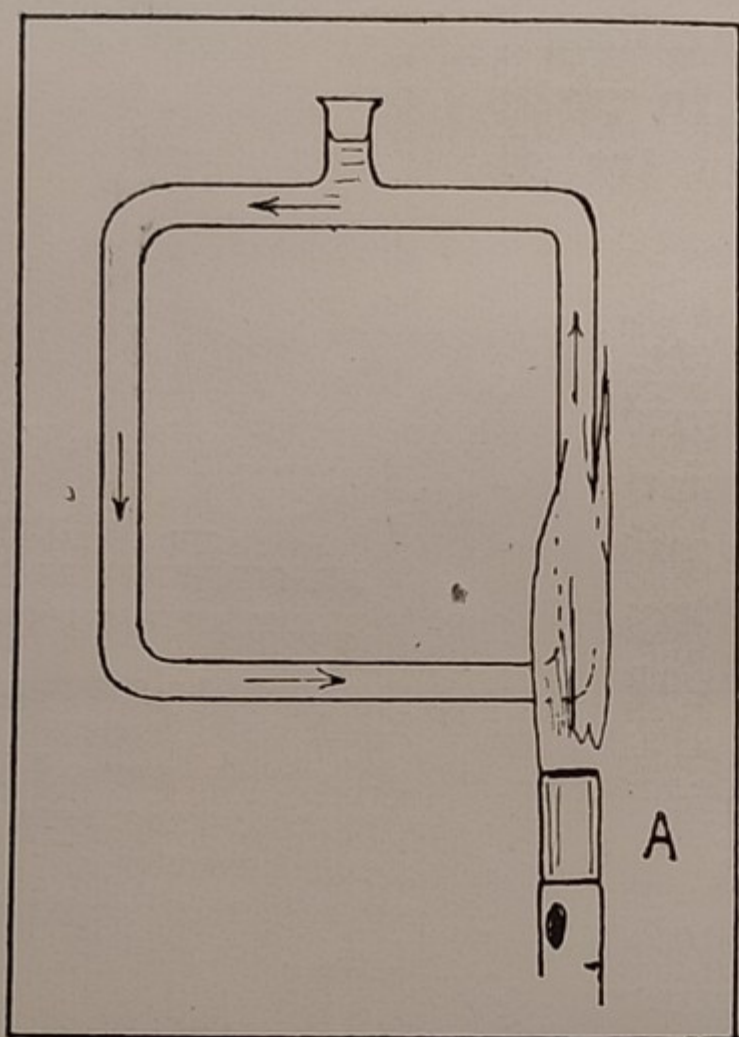



Fig. 110. — Il principio del termosifone.

L'acqua circola nel tubo come mostrano le frecce, finchè il liquido nel ramo verticale di destra si riscalda e quello del ramo di sinistra cede calore all'esterno.

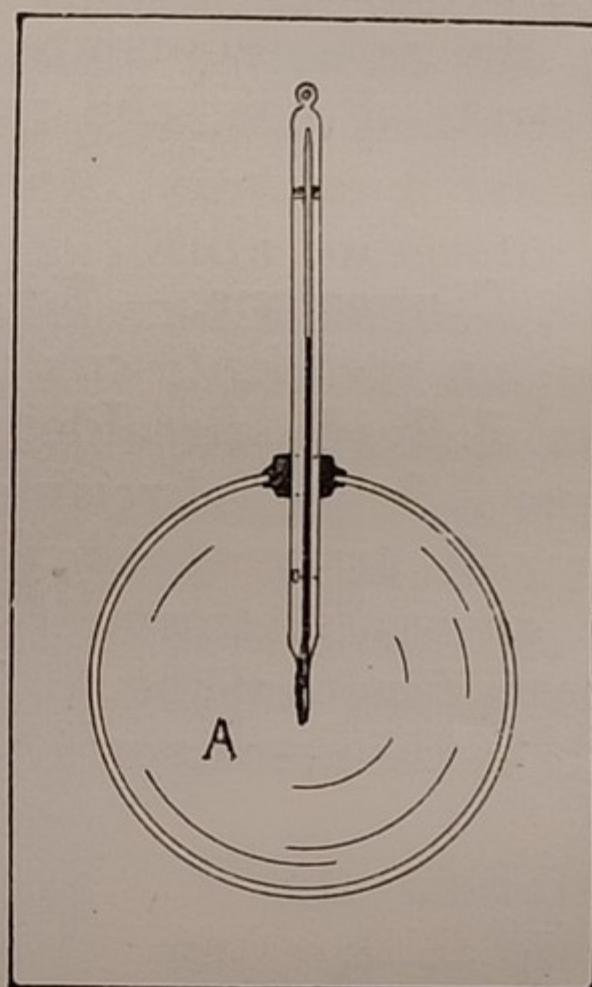



Fig. 111. — Un fenomeno di irradiazione.

Nel recipiente di vetro *A* è fatto il vuoto. Esposto ai raggi solari il termometro sale, quasi come se fosse in contatto dell'aria.

86. Irradiazione. — Noi sappiamo che i raggi del sole ci riscaldano, anche se l'aria circostante è fredda. In tal caso si dice che il calore si propaga per irradiazione anche attraverso l'aria, che è trasparente al calore solare come alla luce.

Ma, attorno alla Terra, non vi è che uno spessore di atmosfera non superiore certamente ai 1000 km.: un nulla rispetto ai 150 milioni di chilometri che rappresentano la distanza del Sole dalla Terra, tra cui non vi è certamente materia e che il calore attraversa ugualmente con la velocità della luce. Come la luce, così il calore si propaga dunque anche nel vuoto celeste ed in quello degli strumenti (fig. 111).

Analogamente il calore della stufa giunge direttamente a noi senza scaldare l'aria interposta, e noi possiamo intercettarlo con un corpo opa-

co ai raggi calorifici, per esempio con un paravento di legno o di ferro. Nell'oscurità potete rivolgere esattamente il viso ad una sorgente di calore sufficientemente calda ed invisibile, e giudicare anche, con la pelle del viso, se essa sia o no nella direzione del vostro naso!

Fig. 112. — Sezione di un vaso di Dewar.

Nell'intercapedine è fatto il vuoto e le pareti sono argentate, per ostacolare l'irradiazione del calore.

87. Vasi di Dewar. — Sono recipienti utili per impedire gli scambi di calore di un liquido con l'ambiente.

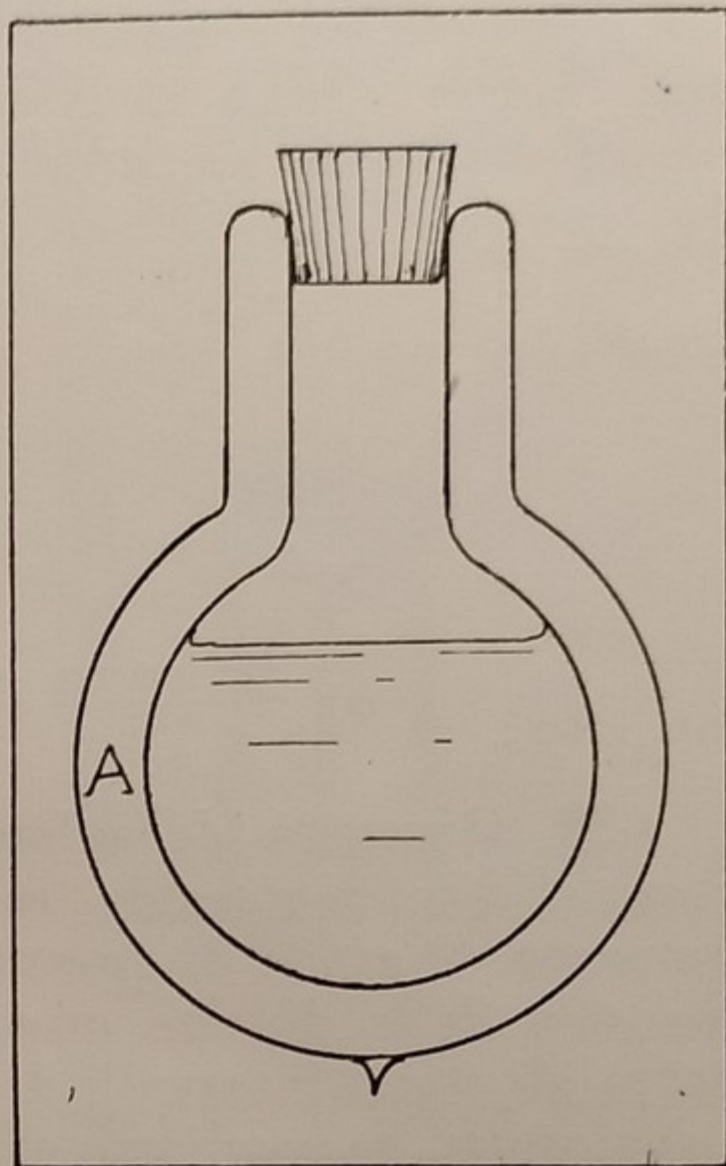
Sono formati da una bottiglia di vetro a pareti sottili che, (come mostra la figura 112), si ripiegano all'esterno formando un secondo recipiente staccato dal primo. Nell'intercapedine è fatto il vuoto, in modo che siano impediti gli scambi di calore per conduzione e per convezione tra i due recipienti. Per di più, le pareti interne della cavità che resta racchiusa, sono argentate, ed il calore irradiato dal liquido caldo contenuto nel vaso o dalla parete esterna (se il liquido contenuto è più freddo dell'ambiente) si riflette da una parete all'altra come farebbe un raggio di luce. Come causa di disperdimento di calore non resta che una lieve conduzione del vetro o del tappo, che può essere rallentata da un involucro esterno di feltro.

In questi recipienti un litro di acqua bollente conserva dopo 24 ore la temperatura di 50° C.[1]; questi vasi servono anche per conservare l'aria liquida che ha la temperatura di circa 180° sotto zero, ma, in questo caso, non devono essere chiusi ermeticamente.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XII.

** Da qualche giorno fa molto freddo! La mamma mi ha comprato un paio di guanti di pelle foderati di lana e vi sto molto bene. Ho imparato che non sono i vestiti o le coperte pesanti che riparano bene, ma quelli soffici e più costosi. La mamma ha una bella sciarpa di lana leggerissima che sembrerebbe incapace di proteggere dal freddo ed invece, se l'appoggio al viso, mi sembra di avvicinarmi ad una stufa!*

*** Non sapevo che ci si potesse scaldare col proprio calore anche senza coprirsi! Infatti il Professore mostrando uno specchio concavo, come una grande scodella di ottone lucido, invitò alcuni di noi ad avvicinarselo alle guance. Tenendolo ad una certa distanza sembrava caldo; ma, toc-*

candolo, si sentiva benissimo che era freddo come gli altri corpi. La sensazione era dovuta al calore del nostro corpo che, irradiandosi, veniva riflesso, come farebbe la luce, dalla superficie lucida dello specchio, e concentrato, a causa della forma concava, nel fuoco dello specchio ove si trovava la nostra guancia.

CAPITOLO IV.

Misura e natura del calore.

88. Quantità di calore. — Quando un corpo assorbe calore o, come si dice, si riscalda, ce ne accorgiamo perchè la sua temperatura aumenta. Il grado di questa è un indice del calore assorbito dal corpo, ma non delle diverse quantità di calore assorbite da corpi diversi, entro gli stessi intervalli di temperatura.

Infatti, se vogliamo riscaldare nello stesso tempo ed alla stessa temperatura due masse d'acqua l'una doppia dell'altra, occorrono per la massa maggiore due fiamme uguali a quella necessaria al riscaldamento della massa minore. È chiaro che doppia quantità di acqua richieda, in quelle condizioni, doppia quantità di calore.

Il calore posseduto o ceduto dai corpi è, insomma, una *grandezza* fisica variabile da corpo a corpo e misurabile in dipendenza di altre grandezze come la temperatura e la massa dei corpi, che sappiamo già misurare.

Ma possiamo perfezionare le nostre cognizioni eseguendo la seguente esperienza: mescoliamo 1 kg. d'acqua a 0^o, con 1 kg. d'acqua a 100^o e, dopo avere ben agitato, leggiamo il termometro. Otterremo 2 kg. d'acqua a 50^o. Dunque, il passaggio di una stessa quantità di calore da un corpo ad un altro uguale (quella perduta dall'acqua calda e quella acquistata dall'acqua fredda) è accompagnata, come sembra naturale, dallo stesso salto di temperatura.

Come unità di misura del calore è stata fissata la *caloria*, cioè la quantità di calore capace di far variare di un grado centigrado la temperatura di un grammo d'acqua distillata. È dunque, ora, possibile esprimere in calorie ogni altra quantità di calore.

Per esempio, il calore necessario per scaldare di 13 gradi, 25 grammi d'acqua è

$$25 \times 13 = 325 \text{ calorie;}$$

e viceversa, se 25 grammi d'acqua si raffreddano di 13 gradi, perdono 325 calorie.

89. Il calore specifico. — Facciamo ora la seguente esperienza: gettiamo in 1 kg. d'acqua a 0° C., un corpo qualunque del peso di 1 kg. ed avente la temperatura di 100° C. ed agitiamo bene l'acqua: non otterremo più 50° C. come nell'esperienza citata nel paragrafo precedente, ma una temperatura minore, e di valore diverso a seconda del corpo usato. La figura 113 mostra un'altra esperienza con cui si dimostra che sostanze diverse hanno diversa attitudine a riscaldarsi; insomma, pesi uguali di diversi corpi riscaldati dello stesso numero di gradi assorbono quantità diverse di calore e sempre minori (eccezione fatta per l'idrogeno) di quella richiesta dall'acqua. Ciò si esprime dicendo che il *calore specifico* delle sostanze comuni è minore di quello dell'acqua, che è stato preso uguale ad 1. Gli strumenti che servono a misurare le quantità di calore si dicono *calorimetri*.

Fig. 113. — Il calore specifico varia da sostanza a sostanza.

Mediante lo strumentino di destra sono state portate alla temperatura dell'acqua bollente e poi appoggiate contemporaneamente sul disco di paraffina, cinque sfere di ferro, zinco, rame, stagno e piombo, dello stesso peso e di volume quasi uguale. Esse si affondano più o meno bene nella paraffina, perchè ne fondono una quantità tanto maggiore quanto più grande è il calore che esse avevano assorbito nel riscaldamento. Quella di piombo vi si affonda meno delle altre. (*Off. Galileo*).

Ecco una tabella dei calori specifici di certe sostanze:

Piombo	0,031
Argento	0,056
Ferro	0.111
Alluminio.	0,202
Legno	0,57
Alcool	0,6
Olio	0,5
Acqua	1,—

Quantunque molti corpi abbiano un peso specifico maggiore dell'acqua, questa, a parità di volume, ha *capacità termica* maggiore di tutti gli altri corpi.

Questo fatto è provvidenziale per la conservazione del clima terrestre perchè l'acqua degli oceani e dei mari, si riscalda più lentamente del suolo dei continenti d'estate, e si raffredda, pure più lentamente, d'inverno.

Per questa e per altre ragioni, gli oceani agiscono dunque da serbatoi equilibratori del calore terrestre.

90. Natura del calore. — Poichè un corpo caldo ha attitudine ad elevare la temperatura di un corpo freddo, si dice che esso possiede rispetto al secondo una maggiore energia calorifica.

Ma un gas riscaldato aumenta di pressione ed un corpo qualunque, dilatandosi, può produrre lo spostamento di un altro, vincendo delle forze: essi sviluppano quindi dell'*energia a spese del calore.*

Infine, l'aumento di volume dei corpi ci mostra che le molecole tendono ad occupare uno spazio sempre maggiore, quando aumenta il calore da esse posseduto: è dunque fondata l'*ipotesi cinetica* del calore, secondo cui il calore è dovuto all'energia di movimento delle molecole dei corpi.

Le molecole si troverebbero in uno stato di agitazione che aumenta con l'aumentare della temperatura e che avviene, nei corpi solidi, attorno a punti determinati della figura del corpo, e, nei corpi fluidi, disordinatamente. Anzi nei gas l'energia cinetica delle molecole prevale sul loro peso, ed il gas si espande.

CAPITOLO V.

Mutamenti di stato fisico dei corpi.

91. — Abbiamo già più volte accennato al fatto a tutti noto, che l'acqua può trovarsi anche allo stato solido (ghiaccio), ed allo stato gassoso (vapor d'acqua). Come l'acqua, molte altre sostanze, col riscaldamento o col raffreddamento, cambiano di stato.

Occorre però che, durante il fenomeno della somministrazione o della sottrazione di calore, non avvengano alterazioni nella sostanza del corpo, nel qual caso si tratterebbe di un fenomeno chimico.

Dopo un mutamento di stato, insomma, è sempre possibile far ritornare la sostanza allo stato primitivo col trattamento inverso.

In seguito a *somministrazione di calore* si possono ottenere la *fusione* di un solido e l'*evaporazione* di un liquido; ed in seguito a *sottrazione* di calore, si ottengono la *condensazione* di un gas e la *solidificazione* di un liquido. Meno comune è il fenomeno della *sublimazione* col quale termine si indica, tanto il passaggio diretto di un corpo dallo stato solido allo stato gassoso, quanto il passaggio diretto dallo stato gassoso allo stato solido.

Le leggi che regolano tutti questi fenomeni si spiegano facilmente con l'ipotesi cinetica del calore.

92. Fusione e solidificazione. — Si chiama *fusione,* il passaggio dallo stato solido allo stato liquido, *solidificazione* quello inverso.

La somministrazione di calore alle molecole di un corpo solido, aumentando la loro agitazione, rallenta i vincoli che le tengono unite. Se la sostanza è di costituzione chimica ben definita, come lo sono il *ghiaccio,* lo *zolfo,* il *piombo,* il passaggio dallo stato solido a quello liquido è netto, ed avviene per una certa sostanza, alla stessa temperatura a cui avviene il passaggio inverso.

Infatti il ghiaccio puro, alla pressione ordinaria, fonde sempre e

solamente a 0°, ed a questa temperatura l'acqua si congela. Fornendo calore ad una miscela di ghiaccio e di acqua, si fonde nuovo ghiaccio, ma la temperatura non aumenta finchè vi è una sola particella di acqua solida; viceversa, sottraendovi calore, l'acqua si solidifica e la temperatura non discende sotto 0° finchè vi è una sola goccia d'acqua.

Se invece si sottrae calore ad un liquido che non si trova alla temperatura di fusione, questo non si solidifica finchè non sia stata raggiunta in tutta la sua massa, quella temperatura.

In altre parole, ghiaccio ed acqua, zolfo liquido e zolfo solido, ecc. non possono trovarsi mescolati che alla rispettiva temperatura di fusione.

Ecco la temperatura di fusione di alcune sostanze in gradi centigradi:

Tungsteno . .	3000°	Piombo.	327°
Platino . . . ,	1755°	Stagno	232°
Rame	1085°	Zolfo	114°
Oro	1054°	Fosforo.	44°
Argento	962°	**Acqua**	0°
Alluminio . . .	645°	Mercurio	—39°,5

Il mercurio è liquido alla temperatura ordinaria, perchè la sua temperatura di fusione è inferiore a quella.

Se la sostanza di cui è fatto un corpo non è di composizione ben definita, come la *cera,* il *burro,* la *ghisa,* il passaggio di stato avviene lentamente attraverso uno stato prima *pastoso* e poi *molle,* e la temperatura di fusione dipende dalla proporzione fra i vari componenti. Così il ferro puro fonde a 1540°, ma l'*acciaio,* cioè il ferro che contiene circa il due per cento di carbonio, fonde tra 1400° e 1200°. La ghisa che contiene maggior quantità di carbonio, fonde tra 1200° e 1000°.

Le miscele di metalli ottenute per fusione si dicono *leghe.* Il *bronzo* è una lega di rame e stagno, l'*ottone* è una lega di rame e zinco. La temperatura di fusione di una lega è sempre inferiore a quella del metallo più fusibile.

93. Calore di fusione. — È il calore necessario per fondere 1 kg. di una sostanza alla temperatura di fusione; esso è uguale a quello che deve essere sottratto ad un chilogrammo della stessa sostanza per solidificarla a quella temperatura.

Il calore di fusione del ghiaccio è di 79.200 calorie, cioè, per fondere 1 grammo di ghiaccio che già si trova a 0°, occorre sottrargli 79,2 calorie. Quella quantità di calore è rilevante perchè, somministrata ad un chilogrammo d'acqua, sarebbe sufficiente a riscaldarla da 0° a 79°,2. Si può anche osservare che, mescolando un chilogrammo d'acqua a 79°,2 con un chilogrammo di *ghiaccio* a 0°, si ottengono due litri d'acqua a 0°; mentre mescolando 1 kg. d'acqua a 79°,2 con un kg. di *acqua* a 0°, si otterrebbero due litri d'acqua a 79°,2 : 2 = 39° ,6, cioè a temperatura molto maggiore.

94. — Comprimendo un pezzo di ghiaccio, esso fonde più facilmente, perchè con la pressione si favorisce la contrazione di volume che il ghiaccio subisce nel liquefarsi. Infatti voi sapete che la pressione delle mani scioglie una parte della neve con cui volete fare una palla di neve e questa si indurisce istantaneamente in ghiaccio quando la pressione cessa. Il fenomeno si dice *rigelo*.

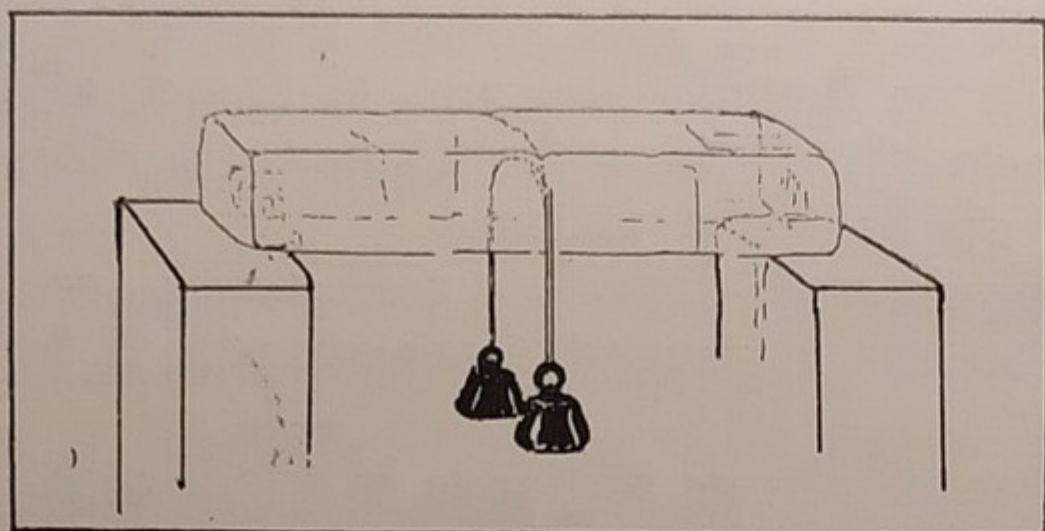



Fig. 114. — Un fenomeno molto curioso.
La pressione del filo scioglie il ghiaccio che *rigela* sopra il filo. Infine il filo cade ed il ghiaccio è rimasto tutto di un pezzo.

La pressione di un filo d'acciaio (fig. 114) appoggiato ad un pezzo di ghiaccio, scioglie le molecole con cui è a contatto e queste sfuggono alla pressione solidificandosi nuovamente sopra il filo. Così il filo attraversa lentamente il pezzo di ghiaccio come se questo fosse molle, ed il ghiaccio rimane di un sol pezzo.

95. Evaporazione e condensazione. — L'*evaporazione* è il passaggio delle molecole di un liquido dallo stato liquido allo stato gassoso, attraverso alla superficie del liquido: la *condensazione* è il passaggio inverso.

Tutti sapete che i corpi bagnati d'acqua si asciugano esponendoli all'aria: le particelle liquide si sono dileguate mescolandosi a quelle dell'aria e formando un gas invisibile come l'aria, detto *vapore d'acqua*.

Il vento, asportando le molecole di vapore che si sono formate, accelera l'evaporazione, come sanno molto bene le lavandaie quando mettono ad asciugare i panni; ma se l'aria ha la massima umidità, cioè se contiene già disciolto tutto il vapor d'acqua con cui è capace di mescolarsi, l'evaporazione non avviene. Invece l'aria secca, *a qualunque temperatura*, favorisce l'evaporazione: ma sembra, anche, naturale che un aumento di temperatura faciliti l'evaporazione di un liquido. Vedremo ora perchè.

96. Vapori saturi. — In uno spazio limitato, anche se vuoto, non può essere contenuta una quantità qualunque di vapore: la massima quantità contenuta in un dato spazio, determina una condizione detta di *saturazione* ed il vapore stesso si dice *saturo*.

Così nella parte superiore di un recipiente chiuso, per esempio di una bottiglia ben tappata, e piena solo a metà di acqua, esiste vapor d'acqua saturo; infatti il livello del liquido non diminuisce nè

aumenta col tempo. Si è insomma raggiunto uno stato d'equilibrio, analogo a quello che vi è tra ghiaccio ed acqua mescolati.

Ma se, ora, scaldiamo il recipiente col liquido, questo, sia pure in piccola parte, evapora ulteriormente ed il vapore aumenta di pressione; se lo raffreddiamo, una parte del vapore si condensa e la pressione diminuisce. Aumentando la temperatura si è dunque accresciuta

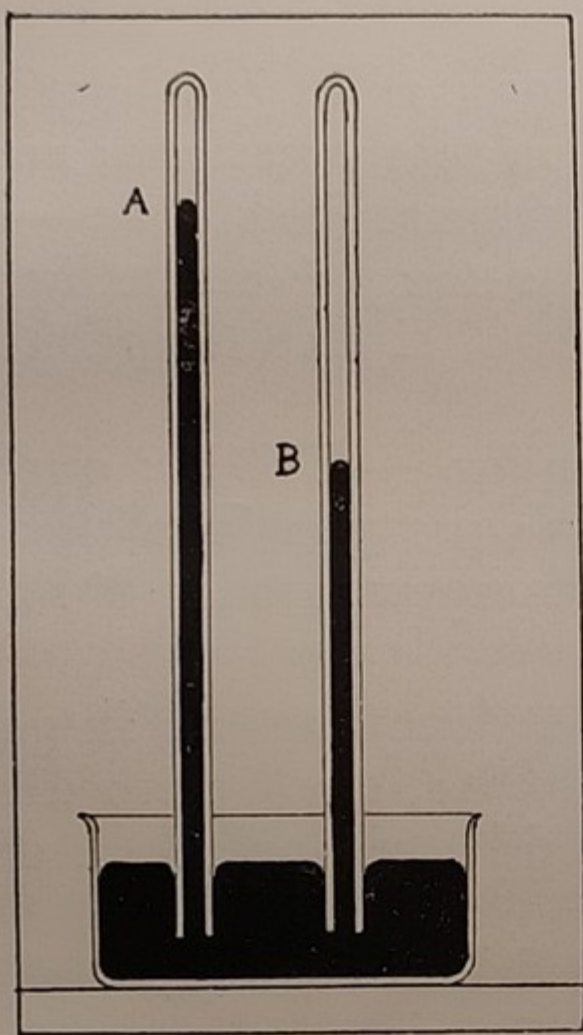



Fig. 115. — Evaporazione nel vuoto.

La colonna barometrica in *A* ha il valore ordinario; in un'altra canna si è fatta arrivare una goccia d'etere e la colonna è discesa in *B*, a causa della tensione del vapore d'etere.

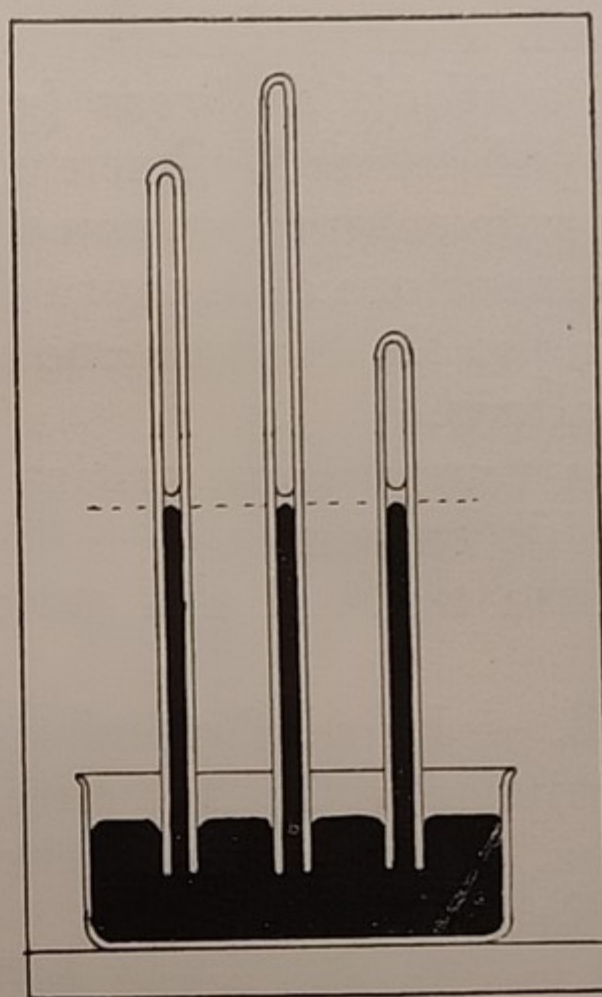



Fig. 116. — Tensione di un vapore saturo.

Nella parte superiore delle tre canne vi è una certa quantità di etere. Le variazioni di volume del vapore non modificano la sua tensione cioè l'altezza del mercurio, finchè il vapore resta saturo e la temperatura non varia.

la pressione o *tensione del vapore* e, secondo l'ipotesi cinetica, si è favorita la tendenza delle molecole a passare allo stato di maggior libertà, cioè allo stato gassoso.

L'evaporazione di un liquido avviene anche nel vuoto, come si può provare facendo arrivare una goccia del liquido nella parte superiore di una canna barometrica (fig. 115).

La tensione del vapore così formato può crescere solamente finchè esso non è saturo: raggiunta questa condizione, la diminuzione dello spazio concessogli non riesce ad aumentar la tensione, come avverrebbe per la pressione di un gas, ma si produce immediatamente la

condensazione di una parte del vapore (fig. 116). Inversamente, la dilatazione di un vapore non diminuisce la sua tensione, se esso si mantiene saturo.

97. Liquefazione dei gas. — Le cose vanno diversamente se si tratta di *gas,* cioè di corpi che ordinariamente hanno lo stato gassoso, anzichè di vapori saturi. Per produrre la condensazione o meglio la *liquefazione* dei gas spesso non basta comprimerli, bisogna anche raffreddarli convenientemente.

L'*anidride solforosa* (gas che si sviluppa nella combustione del zolfo) può essere facilmente liquefatta con la sola pressione; ma l'aria, per quanto compressa, non si liquefa se non viene raffreddata a — 180° C. La temperatura al di sopra della quale un gas non può essere liquefatto, qualunque sia la pressione a cui è sottoposto, si dice *temperatura critica* del gas.

La temperatura critica dell'aria è dunque — 180° C; quella dell'anidride carbonica è + 32° C. Vi pare dunque possibile che questo gas possa trovarsi allo stato liquido alla temperatura di 0°?

98. — La condensazione dei vapori si ottiene dunque, in generale, per semplice raffreddamento. Così il nostro fiato, che è ricco di vapore d'acqua, appanna una lastra di vetro fredda, ricoprendola di bollicine d'acqua.

Il freddo che regna nelle alte regioni dell'atmosfera, condensa il vapor d'acqua che è più leggero dell'aria e tende a salire: così si formano le *nubi.*

Viceversa l'evaporazione, che provoca il raffreddamento del liquido perchè richiede energia, è favorita da un riscaldamento del liquido. L'energia che le molecole acquistano passando dallo stato liquido allo stato gassoso è sottratta al liquido sotto forma di calore.

Mentre le mani bagnate si asciugano all'aria, si sente freddo: se bagnamo con *ètere,* che è un liquido molto volatile, una parte del nostro corpo, il raffreddamento può provocare l'*anestesia,* cioè l'insensibilità della parte.

99. Macchine frigorifere. — Servono a fabbricare ghiaccio, ed a produrre le basse temperature necessarie alla conservazione delle sostanze organiche (fig. 117).

Sono fondate sul principio che un gas, comprimendosi, si riscalda e, dilatandosi, si raffredda. Constano di un motore che fornisce energia ad una pompa, con cui si comprime un gas facile a liquefarsi, come l'ammoniaca o l'anidride solforosa.

Il calore sviluppato nella compressione viene eliminato facendo passare l'ammoniaca compressa in un serpentino raffreddato a caduta d'acqua; il gas è quindi costretto ad espandersi rapidamente in un altro sistema di tubi, ove si raffredda fortemente e sottrae calore all'ambiente: si ha così una *cella frigorifera.*

Per la fabbricazione del ghiaccio, il sistema di tubi frigoriferi è immerso in acqua molto salata (soluzione che congela solamente alcuni gradi sotto lo zero), in cui a loro

volta sono immersi i recipienti prismatici pieni d'acqua dolce, che deve essere solidificata. I recipienti sono mantenuti in agitazione, per evitare che il ghiaccio formato aderisca ad essi, e non si possa estrarre.

La macchina di *Linde* è una macchina fondata sugli stessi principî, ma che serve a liquefare l'aria: in essa la sostanza frigorifera è l'aria stessa, che si raffredda fino a raggiungere la temperatura critica.

Facendo evaporare rapidamente l'aria liquida sono state ottenute le bassissime temperature necessarie a liquefare ed a solidificare tutte le sostanze, eccettuato l'*elio*, che è stato solamente liquefatto.

Fig. 117. — SCHEMA DI UNA MACCHINA FRIGORIFERA.

La pompa *P* comprime in *R* un gas di facile liquefazione, che ivi si raffredda. In *E* avviene l'espansione ed il gas sottrae dalla cella frigorifera *F* una gran quantità di calore; il fluido, infine, passando per la pompa, riprende il giro.

100. Soluzione. — Molto analogo ai fenomeni di cambiamento di stato è il fenomeno della *soluzione*, come quella dello zucchero o del sale da cucina quando vengono mescolati coll'acqua, o dell'aria nell'acqua.

La sostanza disciolta o *soluto* si immedesima nel liquido *solvente* in modo che, anche con i più forti ingrandimenti, è impossibile discernere nel liquido la presenza della sostanza disciolta.

La soluzione è però un fenomeno fisico, perchè è facile riottenere la sostanza disciolta, separata dal solvente, evaporando il liquido.

Non si può disciogliere in una determinata massa liquida qualunque quantità di soluto: la soluzione che non può contenere disciolta altra sostanza si dice *satura*.

Lasciando evaporare lentamente un solvente una parte del soluto ritorna allo stato solido *cristallizzando*, cioè le sue molecole si raggruppano regolarmente secondo forme geometriche determinate per ogni sostanza, come se ne trovano anche in natura fra i corpi *minerali*.

Quando un solido si scioglie, lo spazio da esso occupato aumenta; la soluzione allora si raffredda, e talora in misura notevole. Mescolando per esempio del ghiaccio triturato e del sale comune in parti uguali, la soluzione del sale nell'acqua di fusione, raffredda la miscela fino a 18° C sotto zero. Questa si dice perciò, *miscela frigorifera*.

Fig. 118. — La temperatura di ebollizione dipende dalla pressione.

La caldaietta possiede un manometro, un termometro, una valvola di scarico automatica e regolabile ed un rubinetto. Si possono con essa osservare le variazioni di temperatura e le corrispondenti variazioni di pressione. (*Off. Galileo*).

101. Ebollizione. — Se si continua a scaldare un liquido, l'evaporazione diviene sempre più rapida: ma, ad un certo momento, si formano, e non solo sulle pareti ma anche nell'interno del liquido, delle grosse bolle di vapore che salgono rapidamente alla superficie. Il fenomeno si dice *ebollizione.*

Mentre dura l'ebollizione, la temperatura, che per l'acqua è di circa 100°, non aumenta, per quanto calore si somministri al liquido: al più si accelera anche l'evaporazione interna.

Affinchè l'ebollizione dell'acqua avvenga esattamente a 100° C occorre che la pressione esterna sia uguale a 76 cm di mercurio. Si può constatare infatti che, alla temperatura di ebollizione, la tensione del vapore di un liquido, uguaglia perfettamente la pressione atmosferica.

Se la pressione aumenta, o se il liquido viene chiuso in un recipiente, l'ebollizione avviene a temperatura sempre più elevata. Se il recipiente o *caldaia* (fig. 118) è munito di una valvola regolabile che lascia sfuggire il vapore quando ha raggiunto una certa pressione, di un *manometro* per misurare la pressione e di un *termometro,* si trova che alla pressione di 2 kg. per centimetro quadrato la temperatura di ebollizione dell'acqua è di 120°; alla pressione di 10 kg. è di 180°. La pressione cresce dunque molto rapidamente con la temperatura.

Viceversa, diminuendo al di sotto della pressione normale la pressione del vapore sovrastante, si può fare bollire l'acqua a temperatura inferiore a 100° (fig. 119). A 2500 m. di altezza sul livello del mare, ove la pressione dell'aria è di soli 54 cm. di mercurio, l'acqua bolle a 92°.

Ecco la temperatura di ebollizione di altri liquidi:

Etere solforico .	35°	Petrolio .	280°
Alcool assoluto .	78°	Mercurio.	360°.

Fig. 119. — Ebollizione dell'acqua sotto 100°.

Mediante il tubo *A*, collegato ad una pompa, si diminuisce la pressione nel palloncino; l'acqua, che ha la temperatura di 50°, bolle quando la pressione corrisponde a soli 9,2 centimetri di mercurio.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XIV.

** Quando, qualche tempo fa, sono stato dal dentista per farmi « impiombare » un dente, avevo una grande paura che il dentista mi colasse il piombo fuso nella bocca! Il metallo usato dal dentista è invece una lega contenente una piccola parte di piombo ed altri metalli come stagno e bismuto e che fonde a 55 gradi circa; a quella temperatura non vi è pericolo nè per il dente nè per la nostra bocca, tanto più che occorrono minime quantità di metallo.*

*** Oggi, prima che cadesse la neve, il gran freddo era cessato; la solidificazione del vapor d'acqua avviene infatti con produzione di calore e la temperatura dell'aria si eleva a zero gradi. La campagna è tutta bianca; l'agricoltore sa che « sotto la neve, pane » perchè la temperatura della neve difficilmente scende sotto quella di fusione e i germogli del grano sono protetti dai più forti raffreddamenti dell'aria.*

Rientrando in casa mio padre aveva il bavero del soprabito quasi bianco, eppure era protetto dall'ombrello. L'umidità contenuta nell'alito, venendo in contatto con la lana assai fredda, si era condensata e solidificata in tanti piccoli cristalli di ghiaccio.

**** L'ebollizione è un fenomeno fisico, mentre la cottura degli alimenti consiste in modificazioni che richiedono una data temperatura ed un certo tempo: nelle autoclavi la cottura è più rapida perchè si raggiungono temperature più elevate. Così la cottura dei cibi in alta montagna richiede molto più tempo perchè la temperatura di ebollizione è minore che al livello del mare: e ben mi ricordo dell'appetito che avevo quest'anno a tremila metri di altezza, e della pasta asciutta che non veniva mai avanti!*

CAPITOLO VI.

Cenni di termodinamica.

102. Le sorgenti di calore. — La più importante sorgente di calore naturale è il *Sole,* che ci riscalda direttamente di giorno e mantiene l'aria ad una temperatura media variabile da luogo a luogo, che assicura lo sviluppo della vita animale e vegetale. Il Sole non è, come potrebbe credersi, una grande fiaccola ardente in via di consumazione: guai! Anche se il Sole fosse formato della sostanza combustibile più calorifica, si sarebbe già spento da un pezzo.

Il Sole è un corpo naturalmente incandescente che ha, alla superficie, una temperatura di circa 6000° C: anche la Terra si trovava in questa condizione milioni di anni or sono, e quasi tutti i corpi celesti che noi vediamo, vi si trovano tutt'ora. Il Sole è certamente in via di raffreddamento; ma, non preoccupatevi! La vita sulla Terra durerà ancora parecchie migliaia di secoli!

103. I combustibili. — Quando vogliamo produrre artificialmente del calore, bruciamo i *combustibili.* I principali combustibili sono: il *legno,* i *carboni vegetali* e *fossili,* i *petroli,* il *gas illuminante.*

Il legno è un prodotto vegetale che ha quindi richiesto per la sua formazione una certa somma di calore e di luce solare. Il carbone vegetale è ottenuto dal legno, riscaldandolo fuori del contatto dell'aria, nelle carbonaie: è più leggero del legno e brucia senza fumo. Il carbon fossile, che si trova in molte regioni della Terra (Europa centrale, Inghilterra, Stati Uniti, ecc.) sotto il livello del suolo (*miniere*), si è formato per alterazione lenta, durante migliaia di anni, del legno di antiche foreste rimaste sepolte nel suolo. Anch'esso è dunque, indirettamente, un prodotto del calore solare.

I *petroli* od *olii minerali,* sono liquidi che sgorgano, o si estraggono mediante pompe, dal suolo in certe regioni della Terra (Pennsylvania, Rumenia, ecc.). Ve ne sono di *densi,* di *leggeri,* e di *volatilissimi,* come la benzina usuale.

Sembra accertato che gli olii minerali siano prodotti da alterazione di sostanze organiche, cioè che siano un prodotto indiretto della vita, e che siano dovuti quindi anch'essi all'azione solare sulla Terra.

Il *gas illuminante* è, infine, un prodotto artificiale di distillazione del carbon fossile.

Possiamo dunque dire che il calore prodotto dai combustibili, non

è che una piccola parte del calore solare, immagazzinato sulla Terra dai vegetali.

Anche il calore degli animali proviene dal Sole; poichè essi si alimentano con prodotti vegetali od animali, che alla loro volta vivono direttamente ed indirettamente di prodotti vegetali; e voi già sapete che la temperatura del nostro corpo, che si aggira attorno a 37° C, è prodotta e mantenuta da una specie di combustione lenta dei tessuti alimentata dal sangue.

Infine, anche il calore che si può ottenere dalla trasformazione di una certa quantità di energia elettrica, è dovuta all'energia solare.

Infatti l'elettricità, se non è prodotta da macchine che consumano combustibili, o da pile che utilizzano sostanze fabbricate con l'assorbimento di calore che avviene in certe reazioni chimiche, è generata da macchine *elettriche* mosse da macchine *idrauliche,* che utilizzano l'energia di caduta dei corsi d'acqua. È noto che questa non si muoverebbe, se non precipitasse dalle nubi, sotto forma di neve o di pioggia, sulle alte montagne: nè quelle si formerebbero se il calore solare non facesse evaporare le acque dei mari, sollevandole a grandi altezze, e così via.

Dunque «*Frate Sole*», «*... lo ministro maggior de la natura*», come cantavano San Francesco e Dante, è la vera fonte del calore terrestre naturale ed artificiale, e quindi della vita.

L'Italia, per la natura del suolo, è *povera di quei combustibili* che sono maggiormente necessarî alle industrie ed ai commerci, cioè di carboni fossili e di olii minerali. A questa mancanza essa supplisce utilizzando nel modo migliore le energie dei corsi d'acqua che scendono dalle sue alte montagne, e tutte le altre fonti di ricchezza nazionale come i prodotti dell'*agricoltura*, e quelli del fervido ingegno e dell'operosità ordinata dei suoi abitanti.

104. Potere calorifico di un combustibile, è il numero di calorie che un chilogrammo di combustibile può produrre bruciando interamente: esso si determina con calorimetri appositi.

Il potere calorifico del legno varia a seconda della qualità e della sua conservazione, e va da 2000 a 4000 *grandi calorie* (1). Quello del carbone fossile, invece, varia da 7000 a 8000; gli olii minerali possono arrivare a produrre 11 000 calorie per chilogrammo ed il gas illuminante anche 12 000.

L'idrogeno infine, che non si utilizza come combustibile allo stato puro per il suo alto prezzo, ma che è contenuto in grande quantità nel gas illuminante, ha il potere calorifico di circa 30 000 calorie.

---

(1) La grande caloria equivale a 1000 calorie.

105. Trasformazione del calore in lavoro. — Tutti conoscono la *macchina a vapore* ed il *motore a scoppio* che, consumando combustibili, producono moto, ed energia meccanica, in una parola, del *lavoro*.

Non vi è dubbio che in esse il lavoro è proprio prodotto dal calore consumato dalla macchina, che, senza combustibile, non funzionerebbe.

Già vedemmo anche che l'aumento di pressione di un gas per effetto del calore, può produrre lo spostamento delle pareti del recipiente: ma è noto a tutti che, mediante energia meccanica, si può produrre del *calore*.

Battendo un chiodo od un pezzo di ferro sull'incudine questa e quelli si riscaldano; comprimendo un gas con una pompa, il gas si riscalda fortemente; fregandosi le mani, la pelle si riscalda e sentiamo direttamente il calore così prodotto.

Sotto l'aspetto scientifico è importante conoscere che *ad una determinata quantità di energia meccanica, trasformata in calore,* corrisponde sempre la *stessa quantità di calore* e viceversa, e cioè:

1 *chilogrammetro di lavoro* consumato produce sempre 2,37 *piccole calorie*;

od, in altre parole, che:

da *1 caloria* si ottiene sempre un'energia meccanica equivalente a *0,427 chilogrammetri.*

106. Le macchine termiche. — Le macchine termiche possono trasformare il *calore* in *energia meccanica.*

Nella *macchina a vapore* (fig. 120), vi è un *focolare* ove si sviluppa il calore pro-

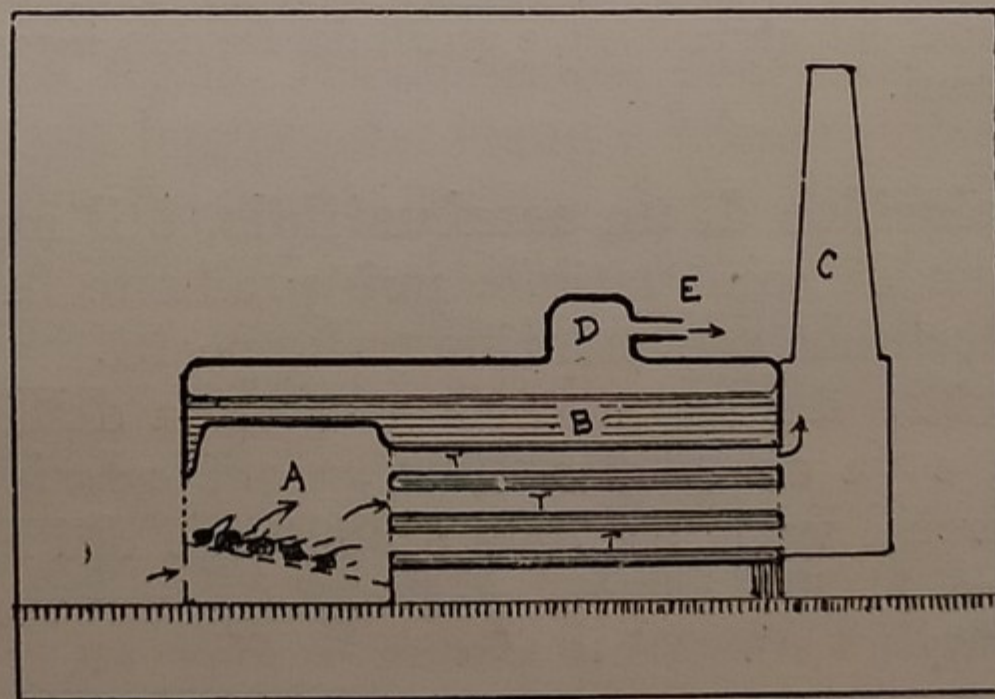



Fig. 120. — Schema di un generatore di vapore.

A, focolare; *B*, caldaia; *C*, camera di fumo e camino; *D*, duomo o serbatoio di raccolta del vapore; *E*, tubo che porta il vapore all'apparato motore.

dotto dal combustibile. La combustione è mantenuta in attività da un camino, per cui si disperde buona parte del calore prodotto. La fiamma lambisce internamente od

esternamente una o più *caldaie*, nelle quali l'acqua si trasforma in vapore. Questo è condotto ad agire sull'apparato motore che può essere formato da uno o più *cilindri* (fig. 121) o da *turbine*.

Il cilindro è diviso in due parti da una parete mobile o *stantuffo*, sulle cui facce agisce alternativamente il vapore. Affinchè lo stantuffo si muova, occorre che la sua superficie in centimetri quadrati moltiplicata per la pressione del vapore, sia maggiore dello sforzo che l'asta dello stantuffo deve vincere.

Il moto di va e vieni dello stantuffo è trasmesso ad una *biella* e poi ad una *manovella*, che trasformano il movimento rettilineo alternativo in moto rotatorio di un asse. Il meccanismo di distribuzione serve a scambiare automaticamente le comunicazioni delle due parti del cilindro colla caldaia, e coll'esterno, al momento opportuno ed ha come organo essenziale il *cassetto di distribuzione*.

Nelle locomotive, il vapore che ha lavorato nel cilindro, sbocca nel camino intensificando la produzione di calore nel focolare, e le ruote trascinano con sè tutta la macchina ed i veicoli che vi sono attaccati. L'attrito delle ruote sulle rotaie deve essere maggiore dello sforzo che occorre per trascinare il treno: perciò le locomotive sono molto pesanti.

Nelle macchine fisse ed in quelle delle navi, il vapore si scarica in una camera raffreddata continuamente, detta *condensatore*, e l'acqua formatasi può essere nuovamente mandata in caldaia; questo organo migliora il *rendimento* della macchina, cioè il rapporto tra l'energia utilizzata e quella consumata. Esso sorpassa difficilmente il dieci per cento, cioè, è sempre molto basso.

Nelle *turbine* il vapore, per la forza viva acquistata uscendo a grande velocità da apposite aperture, o per espansione e reazione, preme contro le palette di una ruota di acciaio imprimendole una grande velocità che, se è necessario, viene poi ridotta con ingranaggi (fig. 122).

Fig. 121. — Schema di un cilindro e della distribuzione del vapore.

S, stantuffo. *C*, *C*, parti del cilindro non comunicanti fra di loro. *A*, asta dello stantuffo. *B*, biella. *M*, manovella. *E*, eccentrico che, ruotando attorno all'asse della manovella, sposta il cassetto di distribuzione situato dietro il cilindro.

A destra vi è la sezione schematica del cassetto di distribuzione. Il vapore entra per il tubo *1* e viene avviato dal cassetto *2*, che copre sempre l'apertura di scarico *5*, o nel tubo *3* o nel tubo *4*, che comunicano colle due parti del cilindro.

Nella posizione indicata nella figura la parte inferiore del cilindro scarica il vapore che ha già lavorato, attraverso il tubo *4* nell'apertura *5*, che lo porta nell'aria esterna o nel condensatore.

107. — Anche i **motori a scoppio** sono macchine termiche. In esse il calore è generato ad intermittenza nell'interno del cilindro, nel momento in cui questo è nella posizione più adatta per subire la spinta motrice. Ciò si ottiene bruciando rapidamente (fenomeno dello scoppio) una miscela di aria e di combustibile mediante una scintilla elettrica: alla temperatura di esplosione, che è di circa 2000° C, i gas hanno una pressione elevatissima ed esercitano una violenta spinta sullo stantuffo. Nei motori a benzina la miscela gassosa si forma nel *carburatore*.

Fig. 122. — Il « rotore » di una grossa turbina.

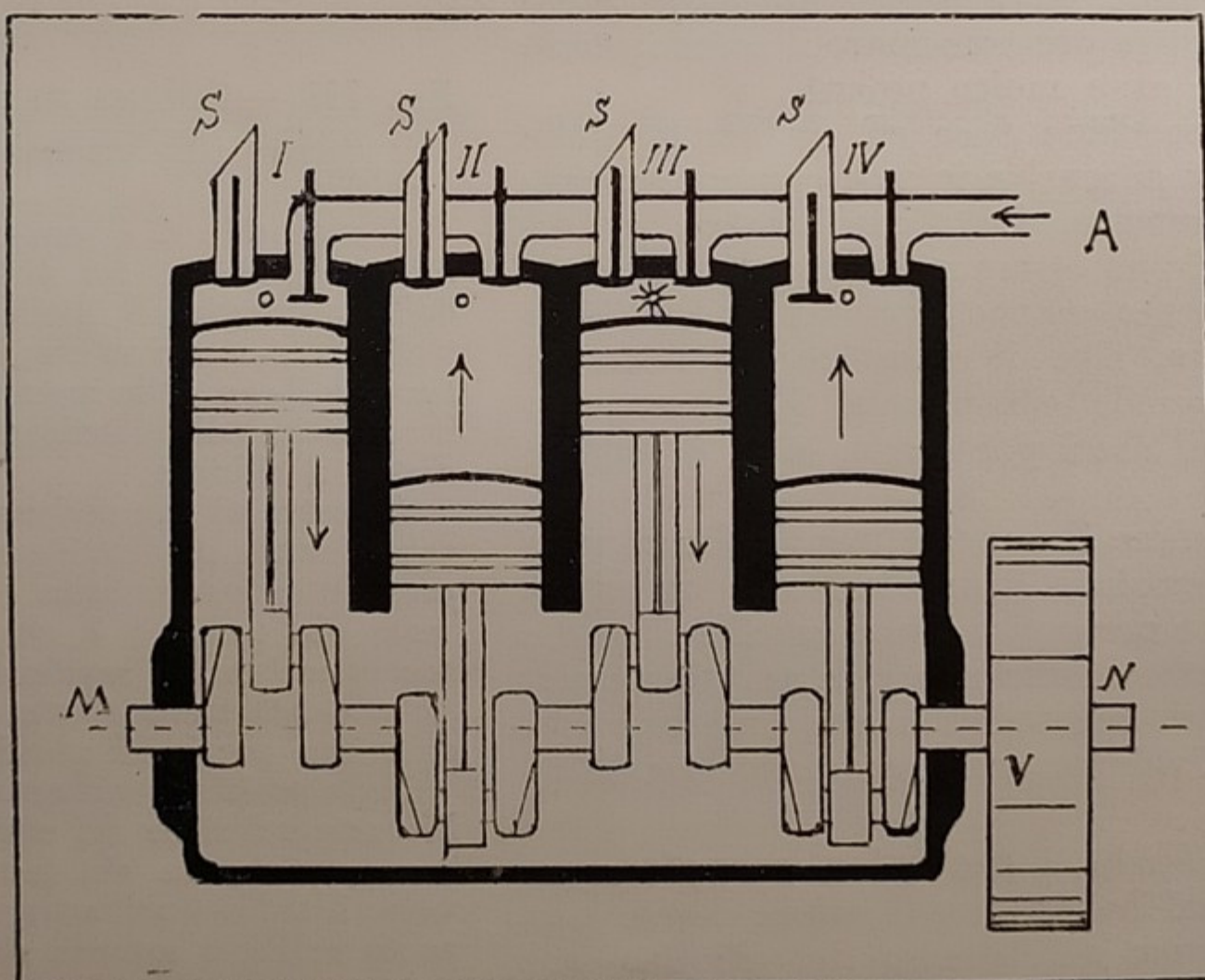



Fig. 123. — I quattro tempi di un motore a scoppio.

È lo schema di un motore a quattro cilindri, ognuno dei quali si trova all'inizio di uno dei quattro tempi.

Nel 1º si ha *aspirazione* della miscela che proviene dal carburatore posto in *A*; nel IIº si ha la *compressione* della miscela; nel IIIº si ha l'*esplosione*, che provocherà la spinta sull'asse motore *M N*; nel IVº si ha lo *scarico* che avviene per la valvola *S*. Ad ogni giro dell'asse avviene un'esplosione. *V* è un volante che serve a mantenere il moto durante il mezzo giro successivo alla terza fase.

I gas lavorano su di una sola faccia dello stantuffo e perciò, quando la camera è scaricata, occorre di solito un altro giro di manovella per *aspirare* nuovamente la miscela e comprimerla nella misura necessaria. Il motore si dice *a quattro tempi;* questi sono illustrati nella figura 123.

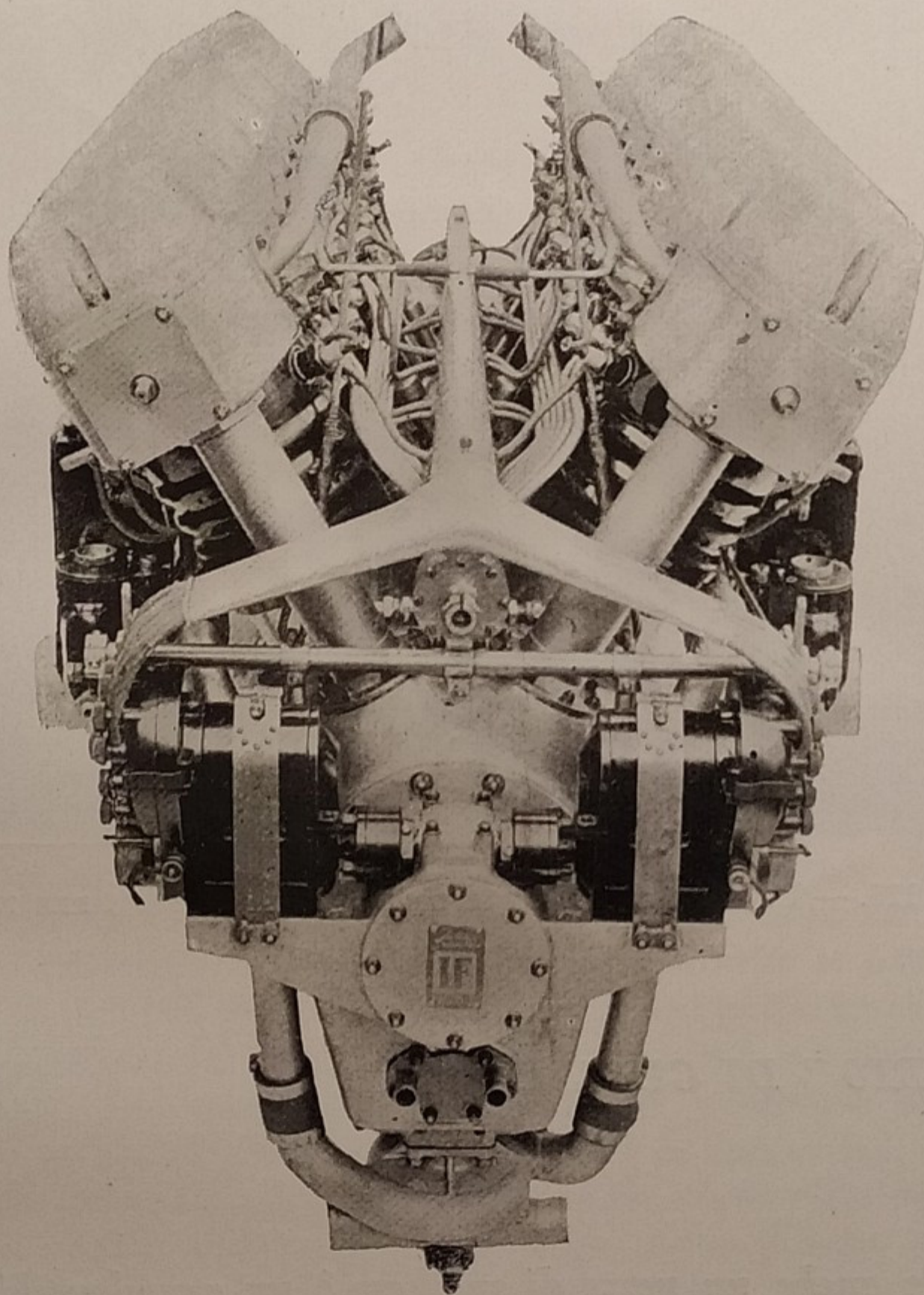



Fig. 124. — MOTORE LEGGERO PER AEROPLANI DA 500 HP.
(*Min. Aeronautica*).

Per evitare danni, il cilindro deve essere continuamente *raffreddato* e ben *lubrificato*.

Il motore a scoppio può avere una grande leggerezza specifica: i potenti motori per l'aviazione possono pesare solamente 400 grammi per ogni cavallo vapore sviluppato a piena potenza (fig. 124). Nelle macchine a vapore occorrono anche 80 kg. di peso per ottenere lo stesso effetto!

Senza il motore a scoppio, che oggi si costruisce un po' modificato anche per le navi e per le centrali elettrotermiche (fig. 125), l'*automobilismo* e l'*aviazione* non si sarebbero sviluppate.

Il motore a scoppio fu realizzato per la prima volta dall'italiano Pietro Barsanti, a Padova nel 1882.

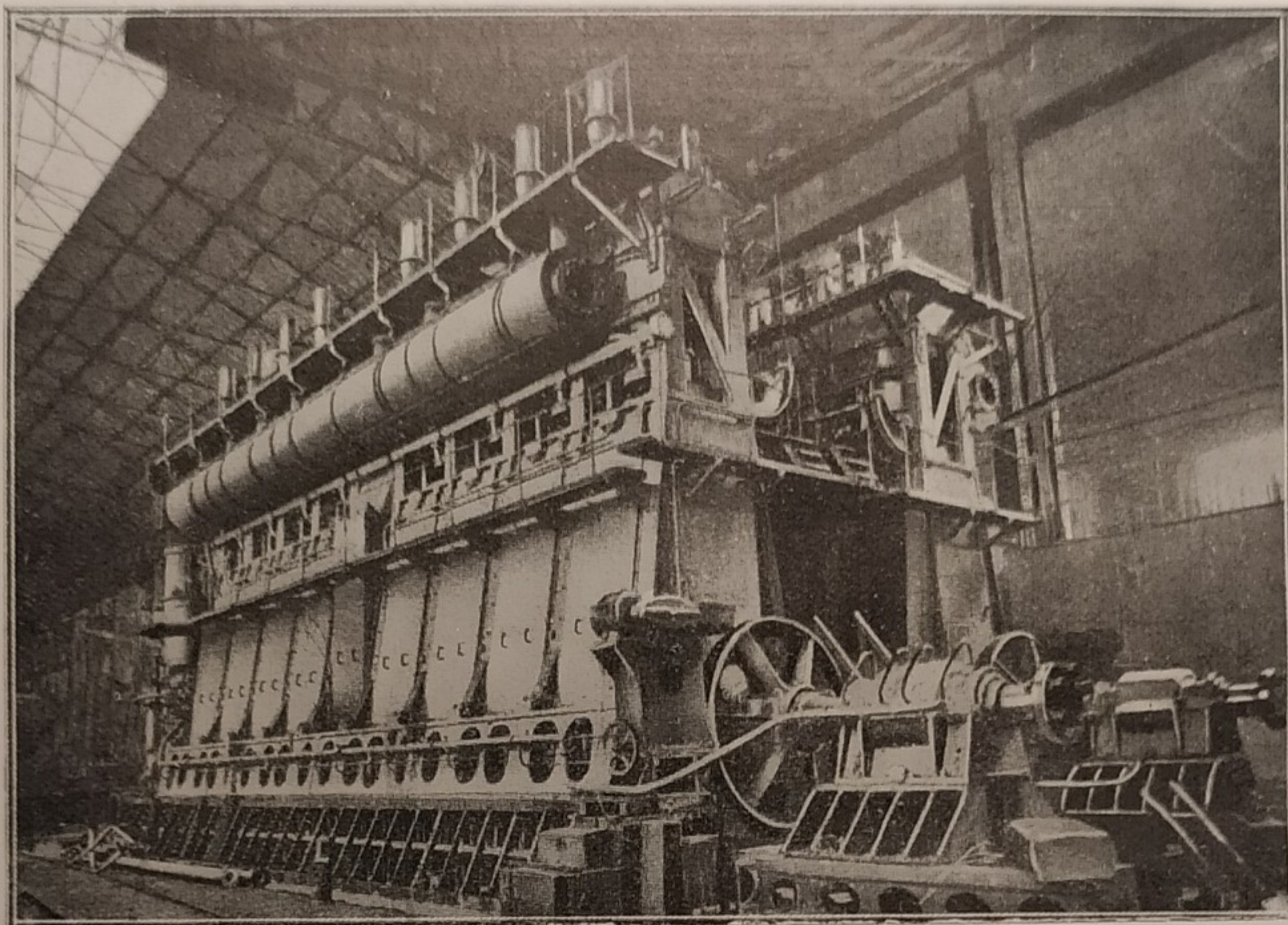



Fig. 125. — Un grosso motore a combustione interna per navi.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XV.

** Dunque anche un pezzo di zucchero è un « combustibile », perchè, assimilato dal sangue, può bruciare lentamente nei tessuti del nostro corpo dandoci il calore necessario alla vita.*

*** La temperatura dell'aria che esce dalla nostra bocca non supera 40 gradi: eppure, soffiando energicamente sulla manica di lana contro il braccio, ci si può quasi scottare! La temperatura si eleva perchè si trasforma in calore l'energia di compressione dell'aria già calda. Ma non è certamente economico sviluppare calore mediante il lavoro. Piuttosto è preferibile trasformare il calore in lavoro, nelle macchine termiche.*

**** Il Professore ci ha detto che, fino alla metà del secolo diciottesimo, l'uomo non sapeva utilizzare che le energie naturali meccaniche, come quelle*

del vento, dei corsi d'acqua e degli animali. Ma, nel secolo decimonono, cominciarono a funzionare le macchine a vapore, dapprima per sollevare l'acqua dalle miniere, poi come mezzo di locomozione.

La scoperta della macchina a vapore, che coincide all'incirca con quella della pila elettrica, ha cambiato l'aspetto del mondo, creando le grandi industrie e la formazione di una nuova classe sociale, quella dell'operaio meccanico. Oggi non si saprebbe fare a meno delle macchine!

Non sempre ciò che è fatto a macchina è bello nè perfetto, ma è molto meno costoso, ed il prodotto meno caro è sempre quello più venduto.

Sono poi sorti i grandi mezzi di comunicazione attraverso alla terra e agli oceani, cioè il treno e la nave a vapore. La traversata dell'Atlantico settentrionale che, con le navi a vela richiede in media quarantacinque giorni, è compiuta oggi in meno di cinque giorni dai più grandi transatlantici, tra i quali il «Rex» *ed il* «Conte di Savoia», *sono fra i più veloci.*

Infine ad abbreviare le distanze terrestri sono sorti prima l'automobile e poi, per le vie del cielo, l'aeroplano. Con l'aeroplano si va nello stesso giorno da un punto ad un altro qualunque dell'Europa, su linee pubbliche, ed, in pochi giorni, dall'Europa, in qualunque paese del mondo.

Quando si potrà volare nella stratosfera, il mondo sarà divenuto troppo piccolo!

Gli scienziati si preoccupano già dell'esaurimento dei combustibili naturali attuali che potrebbe avvenire entro qualche secolo. Ma si utilizzeranno altre energie e soprattutto quella solare, direttamente.

Molti si lamentano del progresso che ha sconvolto le antiche usanze e che ha tolto la maggior parte dell'umanità al tranquillo lavoro dei campi, ma è inutile perdersi in vane querimonie; il mondo cammina e bisogna saperlo seguire. Speriamo che l'umanità, col progresso delle Scienze, si avvii verso un'èra di progresso morale, ove le ingiustizie e le violenze non solo tra gli individui ma anche tra i popoli, siano eliminate e l'animo possa sempre meglio elevarsi verso il bello, verso il vero, verso il bene cioè verso Dio.

PARTE VI.

OTTICA

CAPITOLO I.

Natura e propagazione della luce.

108. Fenomeni luminosi. — L'ottica studia i fenomeni della *luce*: la luce è la causa per cui noi vediamo.

Chiudetevi in una stanza perfettamente buia, in modo che i vostri occhi, anche dopo qualche tempo, non ricevano alcuna sensazione visiva: nessuno dei corpi circostanti può dirsi *luminoso.* Ma se in questo ambiente, mediante una corrente elettrica sempre più intensa, si scalda un filo metallico, questo, ad un certo punto, diventa *visibile,* cioè luminoso di luce propria. Il filo arroventato è dunque una *sorgente di luce,* come lo sono le *fiamme* ed i *corpi celesti.*

Le lampade elettriche ad incandescenza, cioè le sorgenti di luce artificiale più comuni, producono però una luce bianchissima e molto simile a quella del giorno perchè il filamento, di *tungsteno,* che si trova nel vuoto, può essere portato alla temperatura di 2000 gradi senza fondere e senza alterarsi.

Se la corrente elettrica che riscalda il filamento diventa sempre meno intensa, la luce prodotta diviene sempre meno brillante e più rossastra e sparisce del tutto quando la temperatura del filamento scende sotto i 500 gradi.

La luce emessa dalle sorgenti luminose rende visibili anche alcuni corpi circostanti, ma non l'aria che li avvolge.

Questi corpi che, come l'aria, non impediscono la propagazione della luce si dicono *trasparenti.* Invece un corpo *opaco* è per noi illuminato, quando invia al nostro occhio almeno una piccola parte della luce da cui è colpito: la luce rimandata dai corpi in tutte le direzioni si dice *diffusa.*

Sarebbe inutile aggiungere che la sorgente di luce più intensa, e per noi più importante, è il *Sole,* e che la Terra, ed in generale i corpi che si trovano alla sua superficie, sono visibili per la luce che diffondono, e non per luce propria.

109. Natura della luce. — La luce, insomma, è un fenomeno prodotto da certi corpi, per lo più molto caldi, che si propaga con velocità grandissima nel vuoto od attraverso i corpi trasparenti, e giunge direttamente od indirettamente ad impressionare i nostri occhi.

Poichè un corpo *opaco* impedisce la vista della sorgente luminosa, quando si trova sulla retta geometrica che unisce l'occhio con la sorgente, si dice che la luce si propaga in linea retta, o per *raggi*.

Che la luce non sia di natura materiale, nel senso che abbiamo dato a questo termine, si deve ammettere pensando che per un punto dello spazio possono passare, sovrapponendosi e senza disturbarsi a vicenda, infiniti raggi luminosi.

Molti fenomeni provano inoltre che la luce è un fenomeno *ondulatorio*, perchè è dovuto alle vibrazioni delle più piccole particelle dei corpi luminosi, e si propaga per *onde*, come fa il suono.

La luce però, come il calore, si propaga anche negli spazî interstellari, ove non vi è certamente materia, e nel vuoto artificiale, per esempio in quello delle lampade elettriche; dunque la sostanza che vibra, deve essere dotata di proprietà particolari e diverse da quelle della materia, e deve trovarsi ovunque: essa si chiama *ètere cosmico*.

Con l'ipotesi dell'esistenza dell'ètere cosmico, l'interpretazione di molti fenomeni ottici, riesce facile e chiara.

110. Velocità della luce. — Il tempo che la luce emessa da una sorgente luminosa impiega a superare la distanza tra due punti qualunque della Terra è brevissimo. Ma le distanze tra i corpi celesti sono così grandi che il tempo necessario a percorrerle diviene rilevante.

Poichè si conosce la distanza del Sole dalla Terra, che è di circa 150 milioni di chilometri, e si è potuto constatare che la luce impiega a percorrerla circa 500 minuti secondi, la velocità della luce è:

$$\frac{150.000.000 \text{ km.}}{500 \text{ sec.}} = 300.000 \text{ km. al secondo.}$$

Questa velocità è per noi veramente strabiliante.

A percorrere la circonferenza della Terra la luce impiegherebbe meno di 1/7 di secondo: il mezzo di locomozione più veloce, l'idrovolante, che può sorpassare di poco la velocità eccezionale di 180 metri al secondo, se potesse mantenere questa velocità impiegherebbe più di 19 giorni a percorrere la distanza che la luce percorre in un solo minuto secondo!

Malgrado questa enorme velocità, gli scienziati possono distinguere con precisione l'istante in cui la luce parte da una sorgente luminosa da quella in cui la stessa luce giunge a 10 metri di distanza, cioè sanno apprezzare anche un trentesimo di un milionesimo di secondo.

111. Ombra e penombra. — I corpi opachi intercettano il cammino dei raggi luminosi: i punti situati dietro di essi rispetto ad una determinata sorgente si dicono in *ombra*.

Poichè la luce si propaga in linea retta, è facile trovare la forma geometrica dell'ombra, tracciando le rette che, partendo dai punti della sorgente, sfiorano il corpo.

Fig. 126. — OMBRA PROPRIA ED OMBRA PORTATA.

S è una sorgente puntiforme. L'ombra portata dal corpo *A* sullo schermo *B* ha il contorno molto netto.

Se facciamo uso di uno schermo (fig. 126), cioè di una superficie piana, bianca, l'ombra è visibile per contrasto sul fondo illuminato come proiezione del contorno del corpo opaco, e ripete la forma del corpo illuminato. Se la sorgente è molto piccola, se cioè è praticamente riducibile ad un punto, il distacco tra l'ombra e la luce è molto netto.

Se invece, come di solito accade, la sorgente luminosa è estesa, (globi luminosi, superfici bianche illuminate, ecc.) l'ombra sembra contornata da una zona sfumata che ha tutte le gradazioni tra luce ed ombra (fig. 127). Tutti i punti dello spazio da cui è visibile una sola parte di una sorgente luminosa si dicono *in penombra*.

Fig. 127. — OMBRA E PENOMBRA.

S è una superficie illuminante, estesa. L'ombra del corpo *T* è in questo caso, conica, col vertice in *C*. Ma i punti come *A*, compresi tra le tangenti esterne ed interne ai due corpi, sono illuminati solamente da una porzione del corpo *S* e si dicono in *penombra*. Se *S* è il Sole, *T* la Terra, *L* la Luna, la figura rappresenta un ecclisse parziale di Luna.

112. Ecclissi. — Nelle *ecclissi*, il Sole o la Luna scompaiono del tutto od in parte alla nostra vista, pur trovandosi sopra l'orizzonte.

Nelle ecclissi di Luna, che è, come la Terra, un corpo illuminato dal Sole, prima la penombra e poi l'ombra della Terra ricoprono il disco lunare. L'ecclissi si dice totale, quando tutta la superficie della Luna si trova nell'om-

bra della Terra. Nelle ecclissi di Sole, la Luna, che è un corpo opaco e che in quel momento volge a noi la parte non illuminata, si frappone tra il Sole e la Terra, nascondendo il disco solare ed oscurando il cielo. Solamente se l'ecclissi è totale, cioè se tutto il disco solare appare coperto da quello lunare, l'ombra della Luna giunge a lambire la regione della Terra in cui si trova l'osservatore. Se l'ecclissi è *parziale* vuol dire che l'osservatore si trova nella penombra della Luna. L'ecclissi totale di Sole è un fenomeno molto raro per un determinato luogo della Terra e dura solamente pochi minuti. In Italia il prossimo ecclissi totale si avrà nel 1961.

113. Camera oscura. — Si dice *camera oscura*, una camera, od una scatola, chiusa da pareti opache, di cui una è provvista di un foro sottile (1), e un'altra opposta al foro, è bianca nella parte interna (fig. 128). Da tutti i punti luminosi degli oggetti posti di fronte al forellino della camera partono, come si sa, infiniti raggi rettilinei di cui uno almeno riesce a penetrare nella camera oscura e ad illuminare un punto della parete opposta.

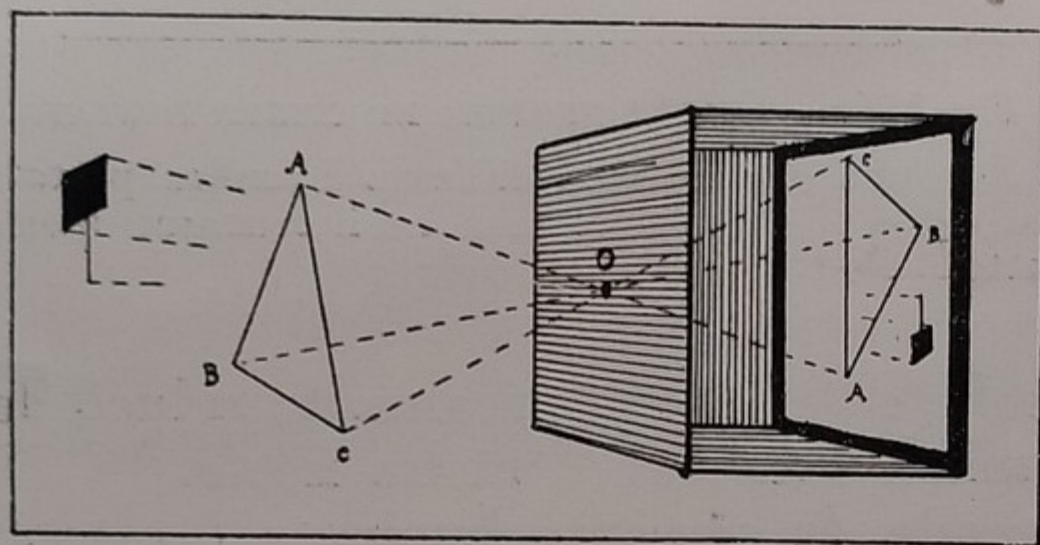



Fig. 128. — PRINCIPIO DELLA CAMERA OSCURA.
Ogni punto dell'oggetto *A B C* ha una sua immagine sul fondo della camera oscura che ha un foro in *O*. Qualunque sia la distanza dell'oggetto; il fondo della camera oscura raccoglie sempre l'immagine, capovolta.

I singoli punti dell'immagine che così si forma, conservano non solo la posizione relativa che i punti degli oggetti possiedono rispetto ad un osservatore posto con l'occhio nella posizione del foro, ma anche tutte le gradazioni di colore e di intensità luminose degli oggetti stessi, che ci appaiono, però, rovesciati e capovolti.

L'immagine può essere vista, sia trovandosi nell'interno della camera, se questa è sufficientemente grande, sia dall'esterno, sostituendo la parete bianca con un vetro smerigliato, che in parte lascia passare la luce e mostra l'immagine per trasparenza.

L'impressione luminosa può essere *fotografata*, cioè registrata in modo permanente su di una superficie preparata coi sistemi fotografici, come impareremo più oltre. Ma la quantità di luce che penetra pel foro è molto piccola, e perciò insufficiente ad impressionare la lastra fotografica, a meno che non si prolunghi di molti minuti l'azione della luce o, come si dice, il tempo di posa.

---

(1) Anche la parete deve essere sottile, almeno nelle vicinanze del foro.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XVI.

** — Vedi questo disco di carta bianca? — mi disse ieri Tonio mentre disegnavamo assieme, a casa mia. — Ora chiudi gli occhi, ed io te lo faccio sparire, senza nasconderlo! —*

Quando, dopo un istante, riaprii gli occhi, il disco non lo vidi; nessun oggetto sul tavolo era stato toccato, nè Tonio si era mosso.

— Esso sta davanti ai tuoi occhi, non te ne accorgi! —

Infatti il dischetto di carta, che era molto sottile, era stato appoggiato su di un foglio di carta bianca della stessa qualità in mezzo al tavolo. E poichè la luce della lampada elettrica veniva dall'alto, l'orlo non dava alcuna ombra. Per distinguere un oggetto, dunque, non basta che esso rimandi della luce verso il nostro occhio, ma occorre che esso contrasti col fondo, cioè cogli oggetti che si trovano dietro ad esso.

Se si ha un foglio di carta nera, è più facile far sparire un disco nero della stessa carta; mentre il disco nero è visibilissimo sul foglio bianco e viceversa.

I cancelli dei passaggi a livello e le segnalazioni stradali, sono a strisce od a scacchi rossi o neri e bianchi, perchè questi contrasti dànno all'oggetto la migliore visibilità.

*** La velocità della luce è enorme; ma il Professore ci ha anche detto che quella della stella più vicina impiega più di quattro anni per giungere sulla Terra. La Stella Polare dista dalla Terra circa 40 anni di luce e certe nebulose distano da noi di duecento mila anni di luce, cioè la loro distanza è tale che la luce impiega quel certo numero di anni a percorrere la distanza che le separa dalla Terra!*

CAPITOLO II.

La riflessione della luce.

114. Leggi della riflessione. — Se un unico fascetto di raggi solari, penetrando in una stanza buia attraverso un foro, cade su di un *panno nero* o su di un corpo annerito col *nerofumo,* la luce è *assorbita* e la stanza non ne è illuminata.

Se il fascio di luce si fa cadere invece, su di un foglio di cartone bianco, la luce viene rimandata in tutte le direzioni, cioè, come dicemmo,

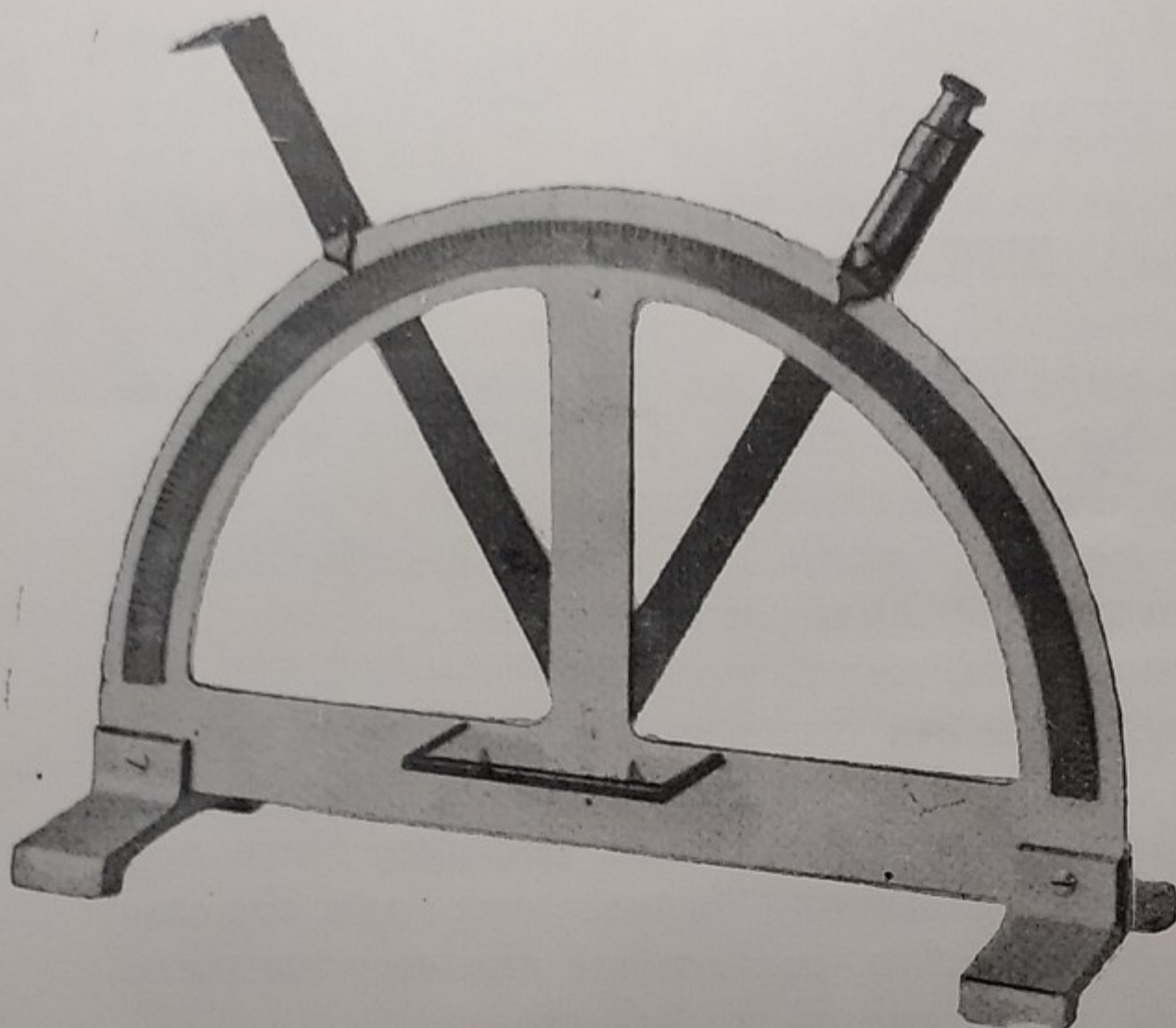



Fig. 129. — Apparecchio per la dimostrazione delle leggi della riflessione.

Nella parte inferiore vi è uno specchio orizzontale. Il semicerchio verticale è diviso in gradi angolari. Le due aste possono girare attorno al centro del semicerchio che ha il centro sullo specchio. Per poter vedere col cannocchiale portato dall'asta di destra, il traguardo portato dall'asta di sinistra, occorre che le due aste formino lo stesso angolo col raggio verticale del semicerchio. (*Off. Galileo*).

è *diffusa*, e la stanza appare debolmente illuminata.

Se infine, la luce cade su di uno *specchio*, cioè su di una superficie riflettente, che può essere anche quella dell'acqua tranquilla, la luce, almeno in parte, viene *riflessa*, cioè rimandata in una direzione *unica* e determinata che dipende dalla inclinazione con cui i raggi incontrano la superficie speculare.

Questo fenomeno è perfettamente analogo a quello della riflessione sonora ed a quello del rimbalzo di una palla elastica in moto, dopo l'urto contro una superficie rigida, come fa una palla d'avorio contro le sponde del biliardo (fig. 129).

Se si chiamano *raggio incidente*, la retta seguita dalla luce prima di incontrare lo specchio, e *raggio riflesso* quella dopo l'incontro, l'angolo formato da questi due raggi ha per bisettrice la perpendicolare alla superficie riflettente nel punto di incidenza (fig. 130).

Dunque, per disegnare il raggio riflesso, basta tracciare la detta perpendicolare, e costruire al di là di essa, nello stesso piano, un angolo uguale a quello formato dal raggio incidente.

Fig. 130. — Costruzione del raggio riflesso.

S-S è la superficie di uno specchio; A_1 ed A_2 sono due raggi incidenti; R_1 ed R_2 i corrispondenti raggi riflessi. L'angolo $A_1\,O\,N$ e l'angolo $N\,O\,R_1$, formati da due raggi corrispondenti con la perpendicolare $O\,N$, sono uguali. Così pure sono uguali gli angoli $A_2\,O\,N$ ed $N\,O\,R_2$.

115. Immagini date da uno specchio piano. — La legge suddetta vale per tutti i punti luminosi che stanno nello spazio *anteriore* allo

specchio. Ma il nostro occhio, colpito da un raggio riflesso, vede il punto luminoso in questa direzione e si illude che il punto si trovi al di là dello specchio alla stessa distanza a cui si trova, al di qua dello specchio, il punto stesso (fig. 131).

Fig. 131. — IMMAGINE DATA DA UNO SPECCHIO PIANO.
S-S è la superficie dello specchio. La freccia è vista come se fosse situata dietro lo specchio. L'immagine ha la stessa grandezza dell'oggetto ed è rovesciata.

Guardandoci in uno specchio si può constatare che la nostra immagine si trova dietro lo specchio ed, apparentemente, alla stessa distanza a cui ci si trova dallo specchio; la figura 131 mostra anche che l'immagine è grande quanto l'oggetto (quantunque, per la distanza a cui può trovarsi da noi, ci appaia più piccola).

Certamente avrete constatato un altro fatto, che, nella vostra immagine, sembrano scambiate la vostra parte destra con la sinistra. Se alzate il braccio destro, la vostra immagine ripete il gesto.... col braccio sinistro? Con termine preciso tutto ciò si esprime dicendo che l'immagine data da uno specchio piano è *virtuale, grande quanto l'oggetto* e *simmetrica* rispetto allo specchio.

116. — Una superficie speculare piana può essere ottenuta levigando con cura un corpo metallico inalterabile all'aria. Gli specchi metallici però, sono pesanti e costosi. I buoni specchi comuni sono di vetro levigato; sulla loro faccia posteriore è depositato, con procedimento chimico, uno strato d'argento molto sottile protetto da una vernice opaca piuttosto densa. La vernice serve a proteggere la superficie dell'argento dagli urti, dall'umidità e dall'alterazione naturale che l'argento lentamente subisce all'aria.

Però anche la faccia anteriore dello specchio, come la superficie dell'acqua tranquilla, riflette una parte della luce; infatti, guardando un po' obliquamente, potete accorgervi che negli ordinari specchi di vetro si formano sempre due immagini, una molto più sbiadita dell'altra.

Ci si può specchiare anche in un vetro posto su un fondo oscuro, perchè la luce trasmessa resta assorbita e non disturba la visione dell'immagine formata dalla debole luce riflessa.

117. Moltiplicazione delle immagini. — Se si prendono due specchi e si rivolgono verso lo stesso oggetto, ognuno riflette anche l'immagine prodotta dall'altro, e così via.

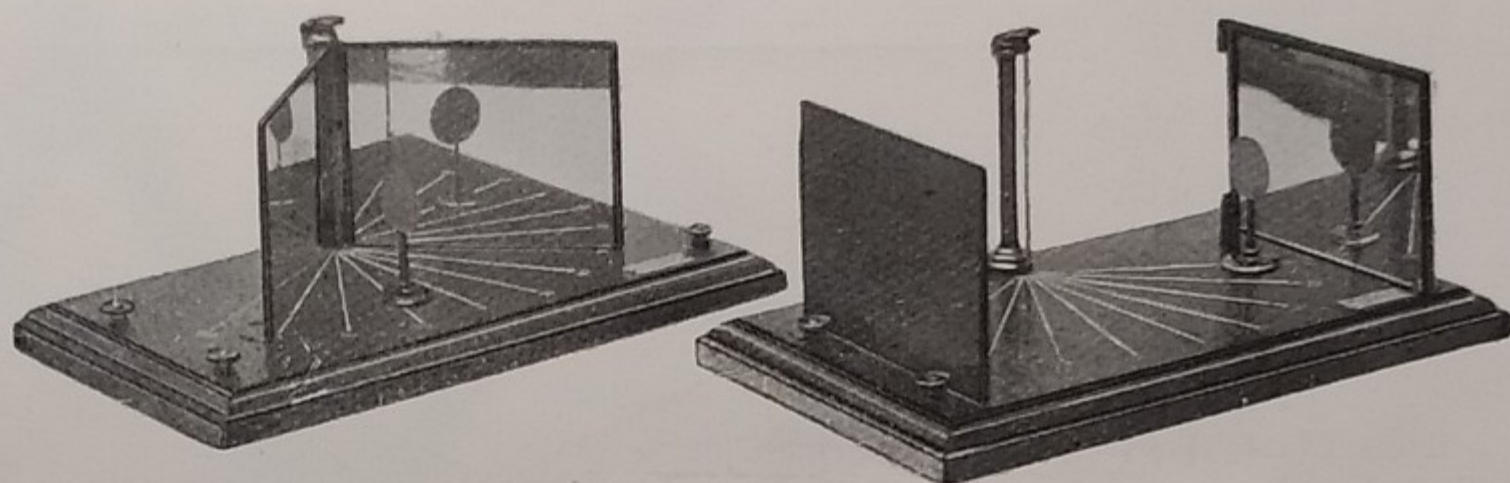



Fig. 132. — IMMAGINI DATE DA DUE SPECCHI.
A sinistra due specchi formano un'angolo di 90°. Le immagini sono tre disposte come i vertici di un rettangolo nel cui quarto vertice sta l'oggetto. A destra, i due specchi sono invece disposti parallelamente. Ogni immagine si riflette nell'altro specchio, e così via: le immagini sono in numero infinito e sono disposte su di una retta. (*Off. Galileo*).

Se gli specchi sono paralleli (fig. 132) le immagini sono in numero grandissimo, come avrete constatato in certi negozi in cui due grandi specchi sono situati su di due pareti opposte e parallele.

Se gli specchi formano un certo angolo, le immagini sono in numero tanto maggiore quanto più piccolo è l'angolo formato dagli specchi, e sembrano tutte disposte su di una circonferenza, il cui centro sta sulla retta comune ai due specchi.

Fig. 133. — SPECCHIO SFERICO CONCAVO.
Dalla figura non potreste capire se si tratta di uno specchio concavo o convesso. Questo ha il diametro di 20 centimetri e la lunghezza focale di 50 centimetri. Che cosa significa? (*Off. Galileo*).

118. Specchi sferici. — Vi sarà certamente accaduto di veder riflesso il vostro viso in un oggetto arrotondato e lucido, come ad esempio in un cucchiaino d'argento od in un tubo nichelato, e di osservare le curiose deformazioni subite dalla vostra immagine.

Però, nella riflessione su di una superficie curva perfettamente sferica, le dimensioni dell'immagine sono alterate ugualmente in tutte le direzioni e le immagini restano simili all'oggetto pur essendo impiccolite od ingrandite.

Uno specchio sferico concavo, cioè capace di riflettere la luce verso l'interno della sfera (fig. 133) ha intanto la proprietà di concentrare in una piccola regione dello spazio, detta *fuoco*, qualunque fascio di raggi paralleli che colpisce lo specchio. E poichè i raggi luminosi e specialmente quelli solari portano con sè del calore, è facilissimo ottenere nel fuoco la combustione di piccoli pezzi di legno o di carta anche con uno specchio di pochi centimetri di diametro:

da questo fenomeno, utilizzato da Archimede negli specchi ustori, proviene il nome di *fuoco*.

Ogni fuoco si trova a metà (fig. 134) di quel raggio della sfera da cui è ricavato lo specchio, che è parallelo alla direzione dei raggi incidenti.

Fig. 134. — Fuoco principale di uno specchio concavo.

È il punto (F) in cui convergono i raggi riflessi provenienti da raggi incidenti paralleli all'asse ottico $C\,V$.

Se C è il centro della sfera da cui è ricavato lo specchio, il punto F dimezza $C\,V$.

Se, viceversa, una sorgente luminosa si pone nel fuoco, i raggi riflessi sono tutti paralleli e illuminano con la stessa intensità (a parte l'assorbimento dell'aria) oggetti posti a distanza diversa.

Questo è il principio dei *proiettori* (fig. 135) cioè degli strumenti con cui, di notte, si vogliono illuminare fortemente oggetti molto lontani: vi sono dei proiettori il cui specchio raggiunge i due metri di diametro e che hanno nel fuoco una sorgente luminosa dell'intensità di parecchie migliaia di candele.

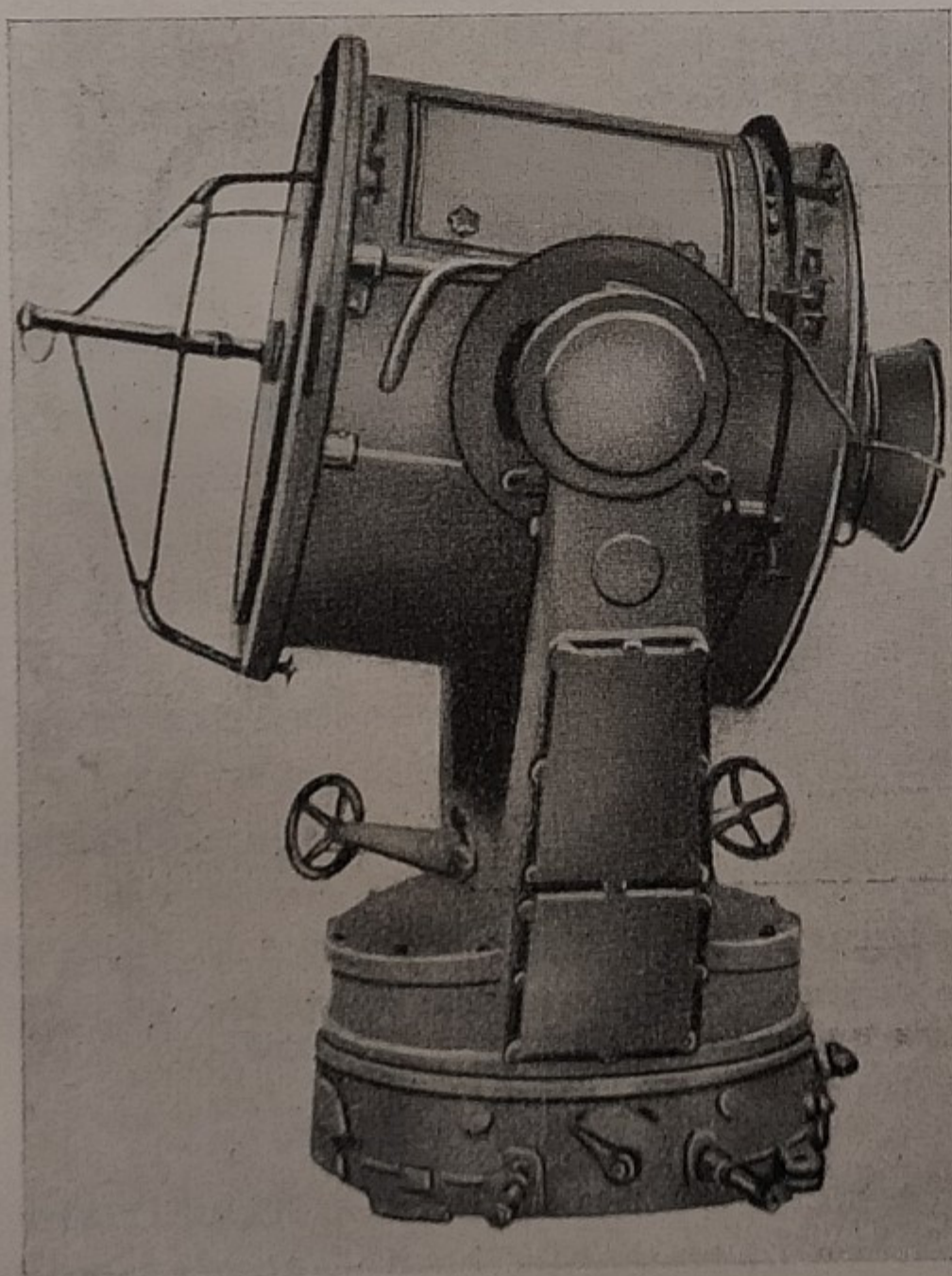



Fig. 135. — Un proiettore « Galileo ».

119. Immagini date dagli specchi sferici. — Gli specchi sferici non troppo curvi, hanno inoltre la proprietà che qualunque fascio di raggi uscenti da un punto posto davanti allo specchio, converge, dopo la riflessione, in un altro punto che si dice *immagine* del primo, poichè ci sembra che la luce parta da questo punto.

A loro volta, i punti dell'immagine sono disposti in modo perfettamente simile, a quelli dell'oggetto ed è possibile raccogliere su di uno schermo l'immagine così formatasi, purchè l'oggetto stia, dallo specchio, più lontano del fuoco.

In questi casi l'immagine si dice *reale*.

La figura 136 mostra però che le immagini sono capovolte, e che possono essere *ingrandite*, *uguali* od *impiccolite*. Se le cinque frecce

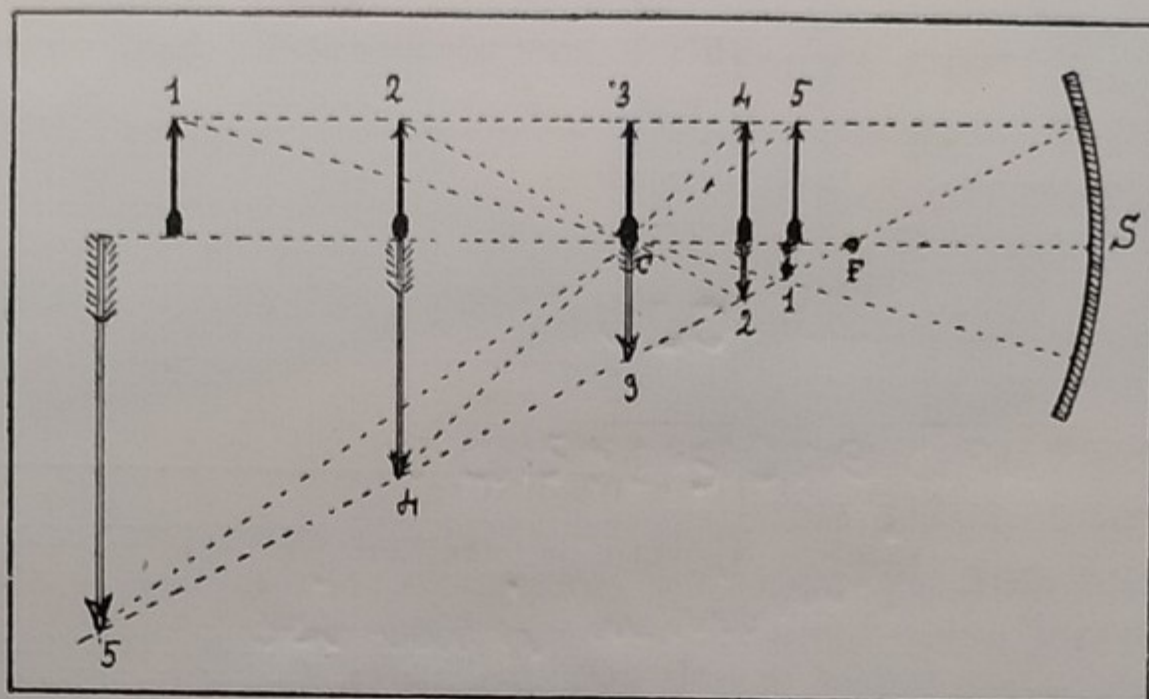



Fig. 136. — IMMAGINI REALI DATE DA UNO SPECCHIO CONCAVO.

Se la freccia nera occupa le cinque posizioni segnate sulla figura, la sua immagine è reale, capovolta ed èposta nelle corrispondenti posizioni della freccia bianca. Se l'oggetto sta nel centro di curvatura dello specchio (C), l'immagine ha la stessa grandezza dell' oggetto. In quali casi l'immagine è dunque ingrandita od impicciolita?

rovesciate fossero invece degli oggetti, le corrispondenti frecce diritte rappresenterebbero invece le immagini.

Se l'oggetto si trova più vicino del fuoco, come nella figura 137,

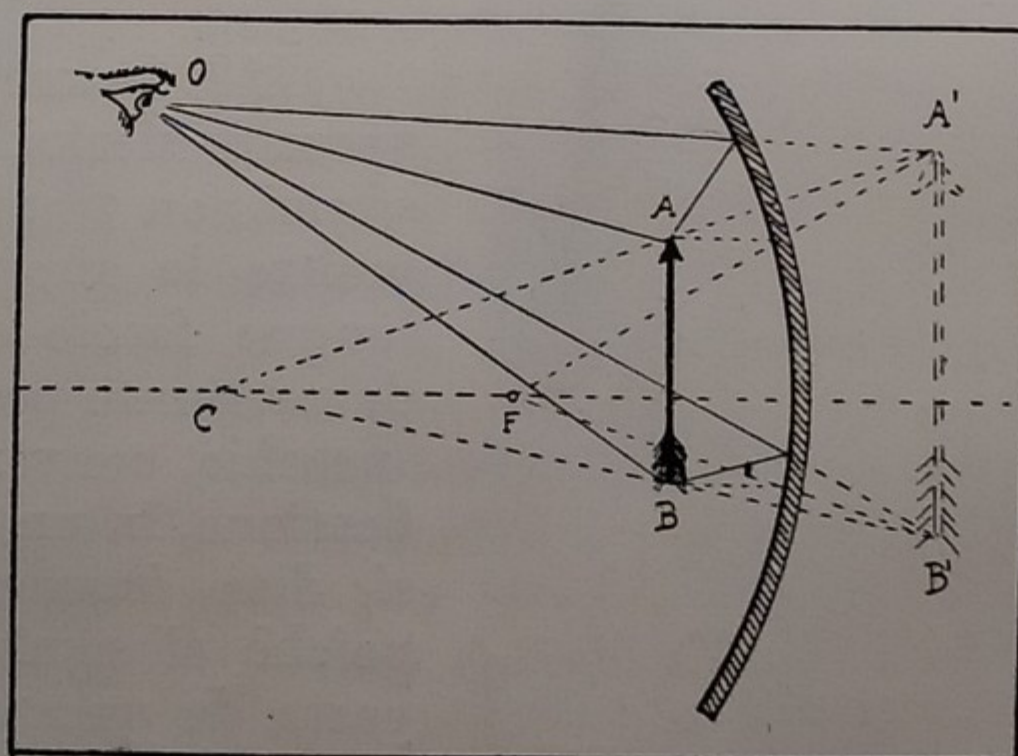



Fig. 137. — IMMAGINE VIRTUALE DATA DA UNO SPECCHIO CONCAVO.

Se l'oggetto è posto tra il fuoco e lo specchio, l'immagine è diritta ingrandita e non si può raccogliere. Per un occhio situato in O l'ingrandimento è dovuto al fatto che l'angolo $A'\ O\ B'$ è maggiore dell'angolo $A\ O\ B$.

l'immagine non si può raccogliere, perchè i raggi riflessi s'incontrano coi loro prolungamenti geometrici dietro lo specchio, come accade negli specchi piani.

L'immagine è allora *virtuale, diritta* ed *ingrandita.*

Se gli specchi sono *convessi* (fig. 138) l'incontro dei raggi riflessi avviene sempre dietro lo specchio e le immagini sono perciò *virtuali;*

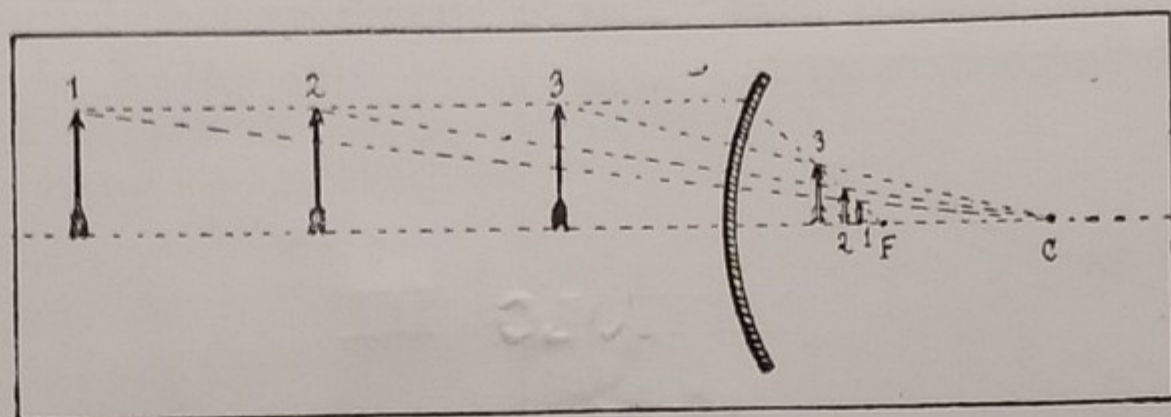



Fig. 138. — Immagini date da uno specchio convesso.

Le immagini sono sempre virtuali, diritte, ed impicciolite. Anche il fuoco *F* è virtuale.

con costruzioni perfettamente simili a quelle degli specchi concavi, come mostra la figura, si trova che le immagini date dagli specchi convessi sono *tutte diritte* ed *impiccolite.*

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XVII.

** Oggi, tra compagni, in attesa dell'apertura della scuola, si era accesa una discussione: « Gli specchi si vedono o non si vedono? ».*

Io, con altri, asserivo di no, perchè mi ricordavo bene che una volta in un labirinto di specchi, ero andato a sbattere il naso più volte, contro specchi e vetri, mentre non potevo negare di vedere lo specchietto che tenevano in mano i miei contraddittori.

La questione fu risolta poi in classe dal Professore che, interrogando uno di noi, capì di che si trattava: una superficie speculare perfettamente piana e che riflettesse tutta la luce incidente non sapremmo discernerla. In pratica, nessuno specchio è perfetto, e, per di più, le cornici degli specchi e la loro forma abituale ci sono così familiari che di essi ce ne accorgiamo senza bisogno di toccarli.

Anche un corpo perfettamente trasparente è invisibile; il vetro però ha sempre qualche lieve appannatura o irregolarità di lavorazione che lo rendono visibile.

*** Le illusioni con gli specchi si producono facilmente: si può nascondere il corpo di un individuo dietro due specchi in modo che solamente la testa sia visibile e questa sembri staccata dal busto ed appoggiata su di un piatto!*

Uno specchio cilindrico, deforma le immagini solamente nel senso perpendicolare a quello dell'asse del cilindro. Se si vuole sembrare ingrassati, basta guardarsi in uno specchio cilindrico concavo con l'asse verticale, ponendosi vicino ad esso; invece specchiandoci in un tubo lucido verticale, sembriamo dimagriti!

CAPITOLO III

Rifrazione e dispersione della luce.

120. Rifrazione dei raggi luminosi. — La velocità della luce nei corpi trasparenti varia colla loro densità ed è, in ogni caso, minore che nel vuoto. Quando un raggio luminoso passa obliquamente attraverso alla superficie di separazione di due sostanze trasparenti, per esempio dell'aria nell'acqua tranquilla, la variazione di velocità subìta produce il piegamento del raggio verso quella parte dello spazio in cui prevale la sostanza più densa (fig. 139). Il fenomeno è detto *rifrazione*. Per spiegarlo occorre sapere che un raggio luminoso passante per due punti rappresenta sempre, per la luce, il cammino più breve, cioè quello il cui percorso richiede il minor tempo; ma, contrariamente alla osservazione più superficiale, il cammino più breve non è sempre quello rettilineo.

Fig. 139. — RIFRAZIONE SEMPLICE.

La superficie di separazione tra aria ed acqua è incontrata obliquamente in *B*, da un raggio *A B*. Penetrando nell'acqua il raggio si spezza in modo che l'angolo *C B M* è minore dell'angolo *A B N*.

Se il raggio provenisse da *C*, si rifrangerebbe secondo *B A*.

Per convincervene, immaginate di trovarvi sulla spiaggia del mare in *A*, come mostra schematicamente la figura 140, e di dover raggiungere nel più breve tempo possibile, prima correndo e poi nuotando, la barca *B* che non si trova di fronte a voi rispetto alla riva: vi converrà certamente, come fa effettivamente anche un cane intelligente, di allungare il percorso da fare, correndo, sulla spiaggia e passare per *C*, abbreviando in tal modo quello *D B* che dovreste fare nell'acqua, in cui, necessariamente, la velocità, a nuoto, è molto minore di quella che potete mantenere per la spiaggia.

Tornando al fenomeno luminoso, se $M N$ (fig. 139) rappresenta la perpendicolare alla superficie di separazione fra aria ed acqua, nel punto in cui il *raggio incidente* $A B$ penetra nell'acqua, il *raggio rifratto* $B C$ forma con la retta $M N$ un *angolo di rifrazione* $C \hat{B} M$, minore dell'*angolo di incidenza* $A \hat{B} N$.

Fig. 140. — Il cammino seguito da chi ha fretta, non è sempre quello rettilineo.

La velocità che si può tenere correndo sulla spiaggia è minore di quella che si raggiunge nuotando nel mare.

I numeri corrispondenti indicano le posizioni che si raggiungerebbero nello stesso numero di secondi partendo da A.

Quindi passando per C per giungere in B si impiegherebbero 12 secondi anzichè 11.

Se l'angolo di incidenza aumenta, come avviene per i diversi raggi 0, 1, 2, 3, ecc.... della figura 141, anche quelli di rifrazione aumentano ed il rapporto tra due angoli corrispondenti non è costante, ma è espresso da una legge numerica, il cui enunciato riuscirebbe per voi troppo complicato. In particolare, se il raggio incidente è perpendicolare, come quello O, alla superficie di separazione dei due mezzi, il piegamento del raggio non avviene e il raggio prosegue nella direzione O; mentre al raggio 6 che sfiora l'acqua col massimo angolo di incidenza (90°), corrisponde il massimo angolo di rifrazione, dato dal raggio 6′.

Fig. 141. — Rifrazione e riflessione totale.

Il rapporto tra la velocità della luce nelle due sostanze, una delle quali può anche essere il vuoto, si dice *indice di rifrazione* relativo ad esse.

Quello dell'aria rispetto all'acqua è 1,32; dell'aria rispetto al vetro è circa 1,5.

121. Riflessione totale. — Se si inverte il cammino della luce, cioè se il raggio primitivamente rifratto diventa raggio incidente, il raggio uscente cioè quello, in questo caso, rifratto, seguirà il cammino di quello primitivamente incidente. Nella figura 141, i raggi luminosi nell'aria 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 sarebbero i raggi rifratti degli omonimi 0′, 1′, 2′, 3′, 4′, 5′, 6′ provenienti dall'acqua.

Il raggio 6 che sfiora l'acqua, che esce cioè nell'aria col massimo angolo di rifrazione, proviene dal raggio 6′ nell'acqua, che forma il massimo angolo della rifrazione diretta e che è detto *angolo limite.*

Se, dunque, alcuni raggi luminosi, come 7 ed 8, incidono nell'acqua con un angolo maggiore dell'angolo limite, questi raggi non possono uscire nell'aria e sono invece riflessi secondo 7′ ed 8′, e viceversa.

Il fenomeno si dice *riflessione totale.* Nell'acqua l'angolo limite è di circa 48°, nel vetro di circa 42°.

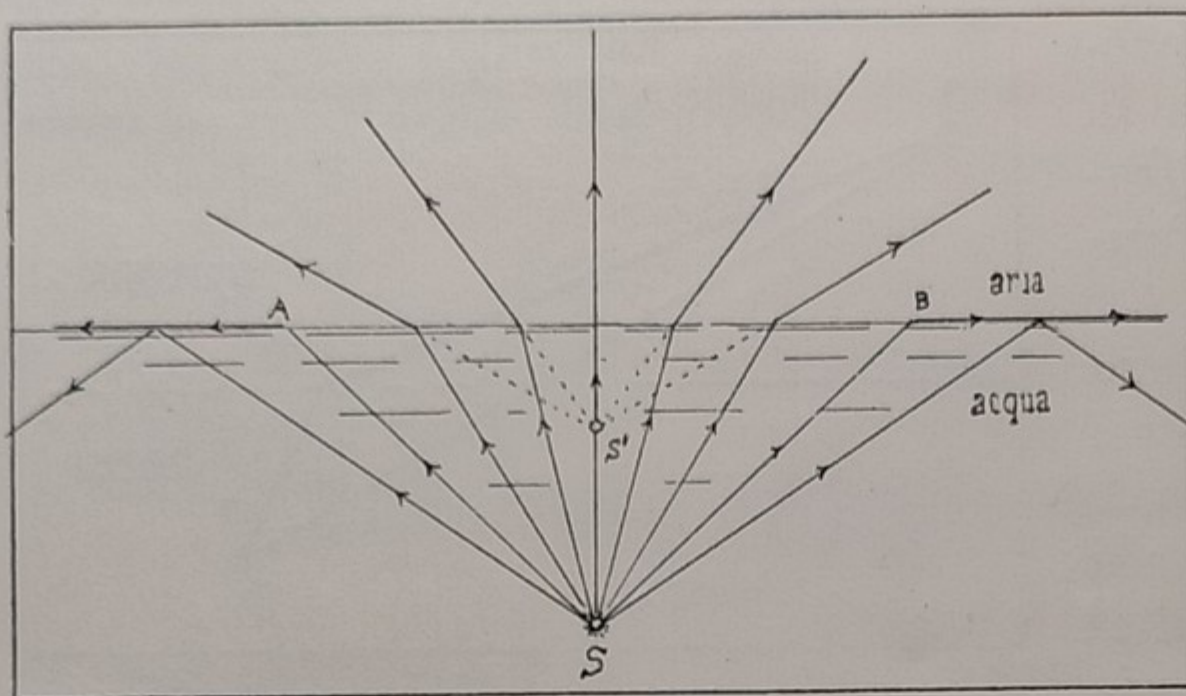



Fig. 142. — Caso di una sorgente luminosa posta nell'acqua.

I raggi uscenti dall'acqua, sembrano provenire da un punto S' sollevato rispetto ad S.

La figura 142 mostra un'altra conseguenza della riflessione totale; di tutti i raggi uscenti da una sorgente luminosa S posta sotto acqua, solamente quelli compresi nello spazio conico $A\,\hat{S}\,B$ possono uscire nell'aria; gli altri sono riflessi e ritornano nell'acqua.

122. Conseguenze della rifrazione. — Un bastone in parte immerso obliquamente nell'acqua, sembra spezzato (fig. 143); se è immerso verticalmente sembra accorciato; il fondo di un bicchiere o di un recipiente qualunque appare sollevato se è visto attraverso la superficie del liquido.

Se un raggio di luce passa attraverso una lastra, cioè ad un corpo trasparente limitato da due piani paralleli, subisce due rifrazioni uguali e da parti opposte (fig. 144) che si compensano, ed il raggio uscente è spostato parallelamente a sè stesso, ma non è deviato.

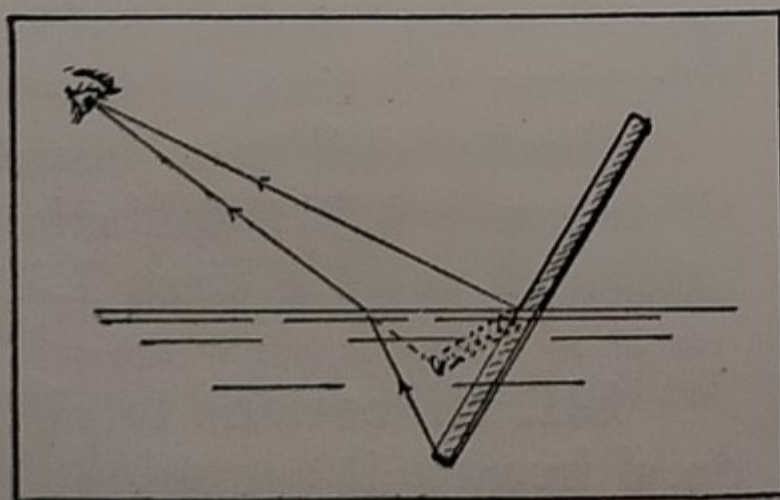



Fig. 143. — Il bastone spezzato.

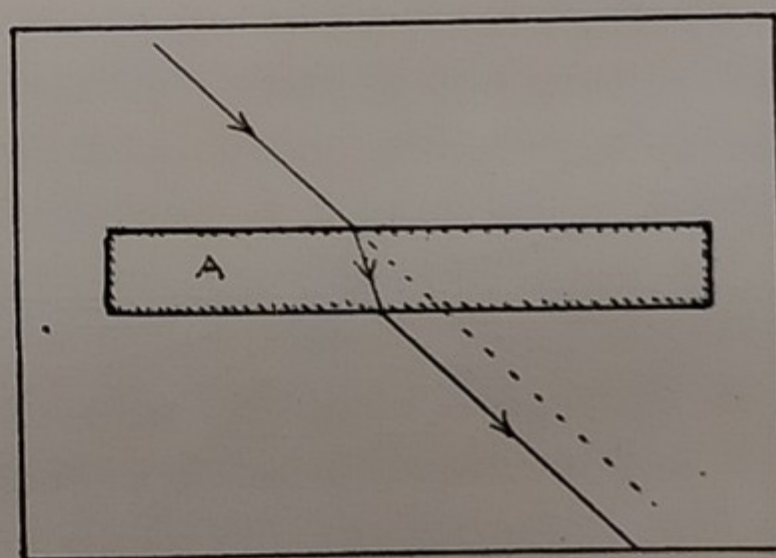



Fig. 144. — Rifrazione attraverso una lastra.

A è la sezione di una lastra di vetro a facce piane e parallele; il raggio uscente non è deviato.

Colla riflessione totale si spiega il fenomeno del *miraggio* (fig. 145), per cui in

regioni aride e calde gli oggetti lontani, come alberi o dune, sembrano riflettersi alla superficie del suolo, come se vi fosse una distesa d'acqua interposta. Il calore del suolo, riscaldando fortemente lo strato d'aria con esso in contatto, lo rende meno rifrangente di quelli soprastanti; quindi un raggio molto obliquo come *B*, proveniente da un oggetto lontano, non può attraversare la superficie di separazione tra aria più rifrangente ed aria meno rifrangente e si ripiega verso l'alto. Un osservatore vede dunque gli oggetti capovolti in basso. Se l'osservatore si trovasse con l'occhio più in basso, nello strato più caldo, non vedrebbe il miraggio.

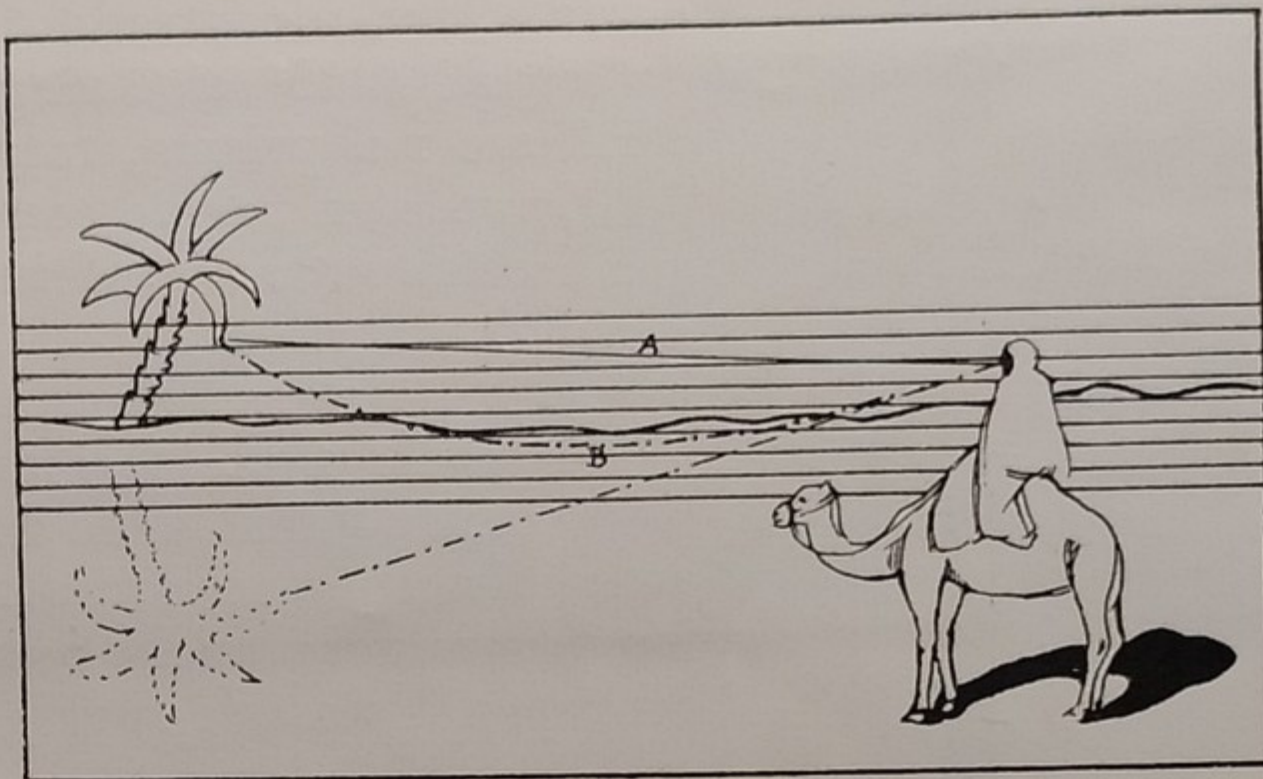



Fig. 145. — Come si spiega il miraggio.

123. La rifrazione nei prismi. — Per prisma, in ottica, si intende un corpo trasparente limitato da almeno due facce non parallele (fig. 146).

Se si costruiscono nel piano della sezione *B A C* di un prisma i percorsi dei raggi rifratti, si constata che sono deviati due volte verso

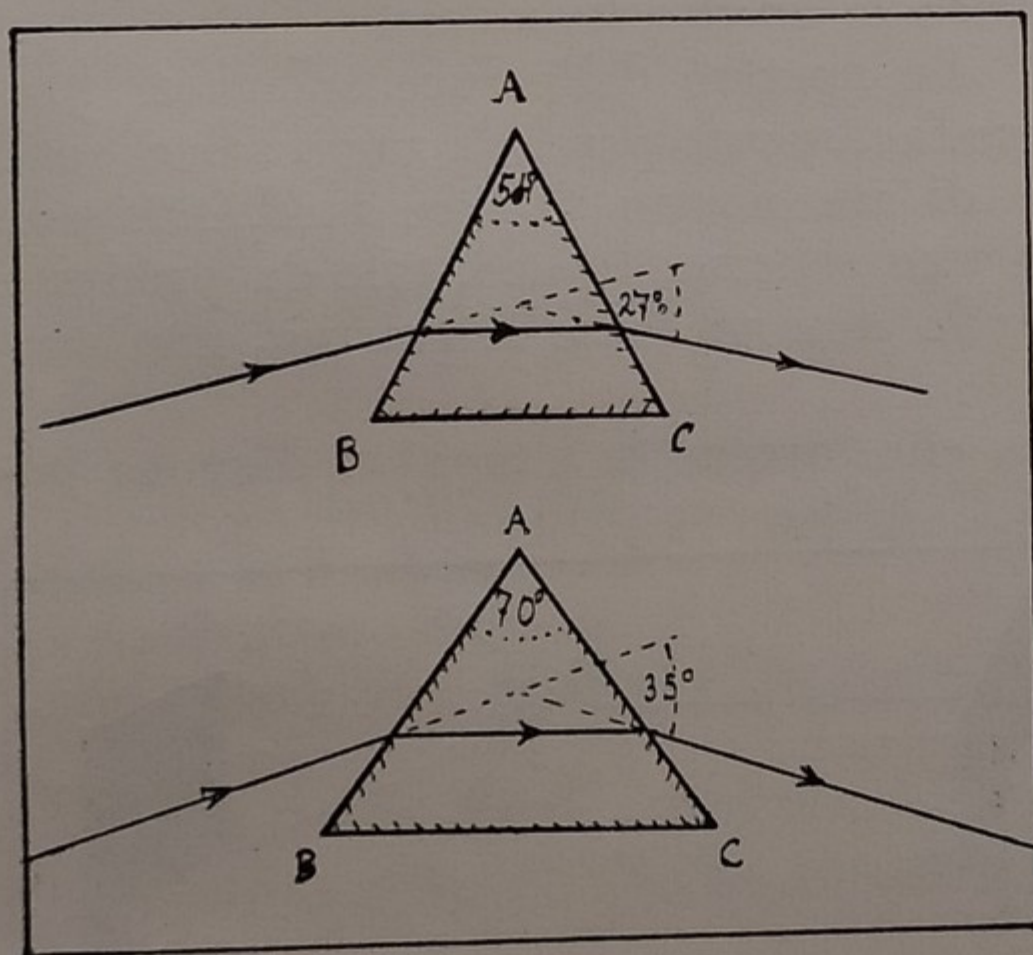



Fig. 146. — La rifrazione nei prismi.

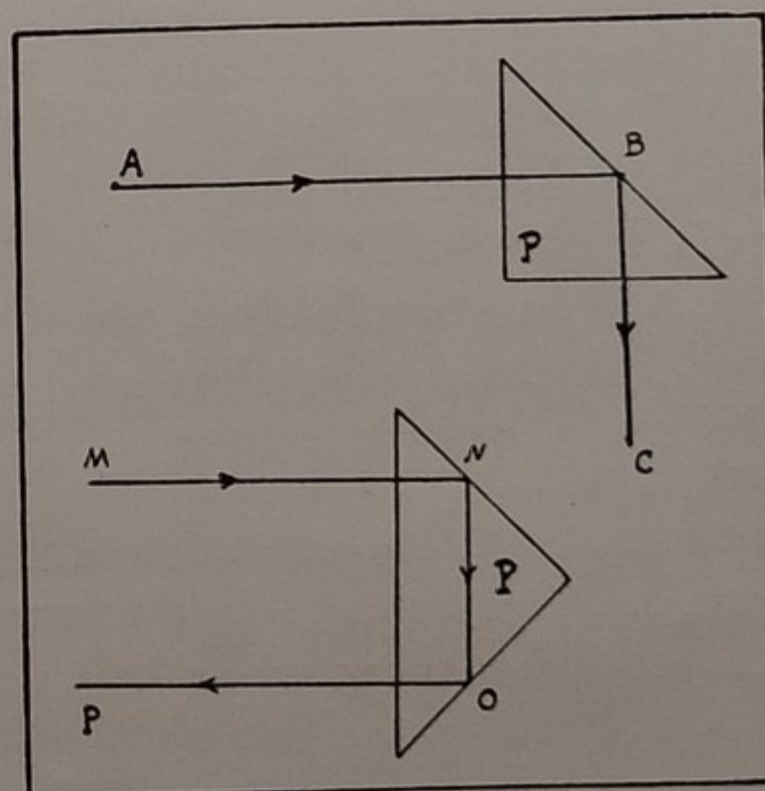



Fig. 147. — La riflessione totale dei prismi.

la base *B C* del prisma, e che il prisma della stessa sostanza che ha l'angolo in *A* più grande, devia maggiormente il raggio luminoso.

In un prisma di *vetro* la cui sezione (fig. 147) ha la forma di un trian-

Fig. 148. — Un prisma per esperienze. (*Off. Galileo*).

golo rettangolo isoscele, un raggio luminoso come $A\ B$, viene riflesso secondo $B\ C$, deviando di 90°, perchè entrando ed uscendo dal prisma non è deviato, ma incontrando la faccia ipotenusa con un angolo di 45°, cioè maggiore dell'angolo limite, è riflesso nel prisma, totalmente.

Invece un raggio come $M\ N$, perpendicolare alla faccia ipotenusa, viene riflesso due volte in N ed in O, subendo due riflessioni di 90° e ritorna perciò nella stessa direzione $O\ P$.

I prismi (fig. 148) si utilizzano soprattutto per intensificare il fenomeno della deviazione prodotta dalla rifrazione ed a mostrare che in realtà ad un fascio luminoso anche sottile di luce bianca non corrisponde un solo raggio di luce bianca rifratta.

124. Dispersione della luce. — Il fenomeno ora detto, per cui un fascio di luce bianca, subendo la rifrazione si apre a ventaglio, è chiamato *dispersione* della luce. I varî raggi colorati sono deviati infatti in diverse misurc e perciò si separano, formando su di uno schermo bianco lo *spettro luminoso*.

Lo spettro della luce solare si produce facilmente perchè i raggi solari sono già paralleli. Conviene disporre di un nastro di luce mediante una fenditura $A\ B$ (fig. 149) fatta in uno schermo opaco, tale da produrre sullo schermo bianco in C, quando non vi fosse il prisma, una striscia luminosa $A'\ B'$.

Se lo spigolo $D\ E$ del prisma che intercetta i raggi si dispone parallelamente alla fenditura e quindi anche allo schermo, su questo si forma un nastro luminoso, indicato dal rettangolo $H\ K\ L\ M$, colorato a strisce parallele (1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7 della figura 149) rispettivamente nei colori *rosso*, *arancione*, *giallo*, *verde*, *azzurro*, *indaco*, e *violetto* (figu-

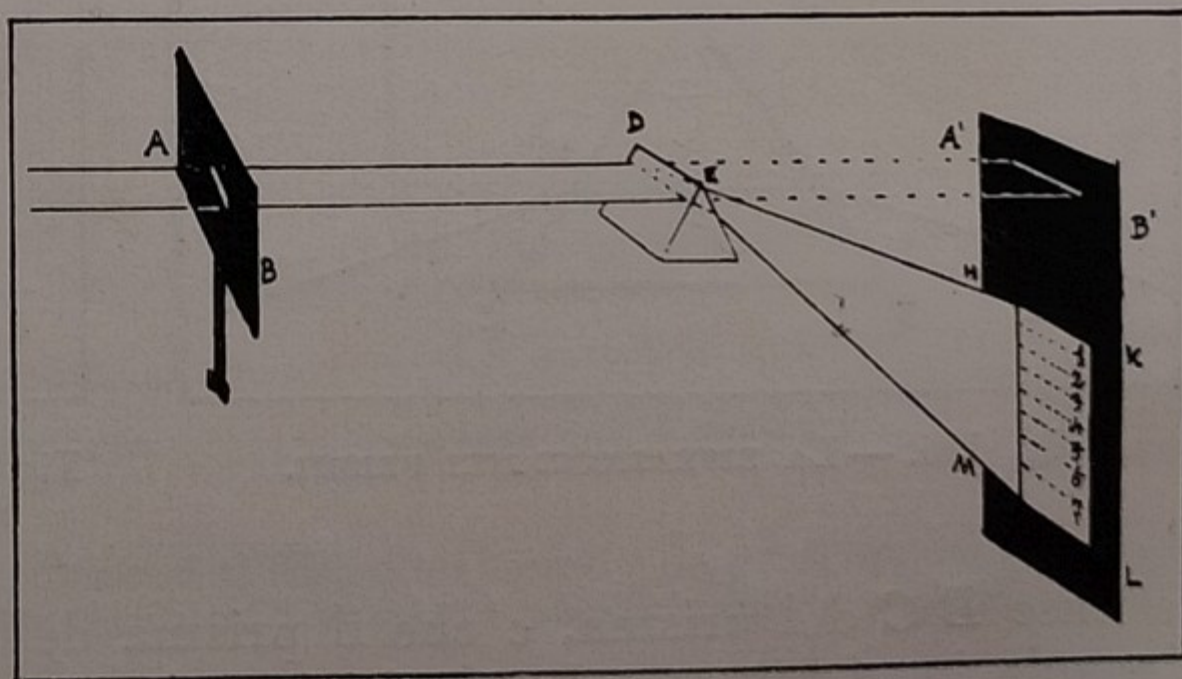



Fig. 149. — Come si ottiene lo spettro.

ra 150). La luce bianca è composta dunque degli stessi colori che si vedono in un *arcobaleno*.

Come controprova che la luce bianca del Sole è formata di tutti questi colori si può raccogliere lo spettro su di uno specchio concavo,

come mostra la figura 151, che fa convergere sullo schermo A B, sovrapponendoli nuovamente, tutti i raggi colorati. Si ricompone così, la luce bianca prima dispersa. Raccogliendo invece con lo specchio concavo una sola parte della luce dispersa, si ottiene una luce colorata con l'intonazione del colore prevalente.

Per ognuna delle luci semplici prodotte nella dispersione esiste però sempre un'altra luce che, riunita colla prima, forma luce bianca. Le due luci si dicono *complementari*: sono per esempio complementari l'*arancione* e l'*azzurro*.

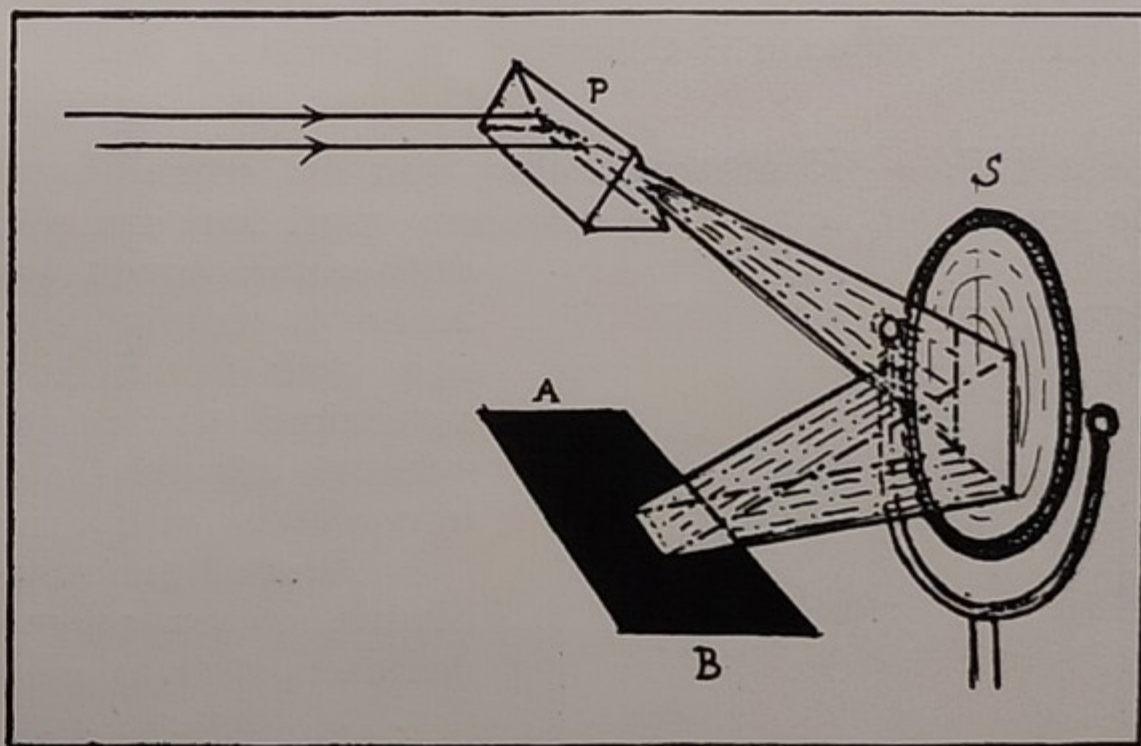



Fig. 151. — Ricomposizione della luce bianca.

125. In che cosa differiscono le diverse luci. — Anzitutto, dunque, l'impressione del *bianco* è il risultato della sovrapposizione di altre luci.

Solamente i corpi solidi incandescenti, in cui si deve ammettere che infinite particelle vibrino in tutti i modi possibili, producono luci bianche.

Poi bisogna ammettere che le diverse luci, attraversando il vetro, e, in generale, i corpi trasparenti si propaghino con velocità diversa e precisamente che i raggi violetti, che sono quelli più deviati dal prisma, si propagano con velocità minore di quella dei raggi rossi, che sono meno rifratti.

Molti altri fenomeni, che qui non è il caso di illustrare, hanno convinto gli studiosi che le varie luci sono prodotte da vibrazioni di frequenza diversa e tutt'altro che piccole. Per i raggi *violetti* estremi la frequenza sarebbe di 880 milioni di milioni, per quelli *rossi*, che stanno all'altra estremità dello spettro, sarebbe invece da 395 milioni di milioni di vibrazione al minuto secondo.

126. Perchè i corpi appaiono diversamente colorati. — I corpi non luminosi si vedono per quella parte di luce incidente che è rimandata da essi verso il nostro occhio. Un corpo ci apparirà *rosso* solamente se tra la luce incidente è contenuta la luce *rossa*, e se è capace di diffondere raggi *rossi*.

Illuminato con luce che non contiene il rosso, ad esempio con luce verde, il corpo che visto alla luce ordinaria, chiamiamo rosso ci apparirà *nero*, cioè come se assorbisse tutta la luce incidente. Viceversa alla luce rossa i corpi *rossi* ci dànno la stessa sensazione visiva di quelli *bianchi*.

I colori dei corpi dunque risultano dalla sottrazione, sia per diffusione che per trasparenza, di una parte della luce illuminante, e ci dànno sensazioni diverse, a seconda della qualità della luce incidente.

127. — Il nostro occhio non ha, come l'orecchio, la proprietà di *analizzare* le sensazioni, cioè di riconoscere quali luci semplici entrino nella formazione di un dato colore (quantunque la pratica possa suggerire il modo di ricomporlo). Come tutti gli altri sensi l'occhio gode invece la proprietà della persistenza delle sensazioni, per cui tutti i fenomeni luminosi che avvengono durante 1/20 di secondo circa, ci appaiono nel loro effetto complessivo.

Newton per mostrare la composizione della luce bianca, colorava i varî settori di un disco coi vari colori dello spettro e lo faceva poi ruotare velocemente (fig. 152). Durante la rotazione, da tutti i punti della superficie del disco giungono al nostro occhio, numerose sensazioni colorate rapidamente succedentisi, che si sovrappongono dandoci l'impressione del bianco. Veramente il disco appare grigio, cioè meno luminoso di un ugual disco di carta bianca, perchè buona parte della luce viene assorbita dalle parti colorate.

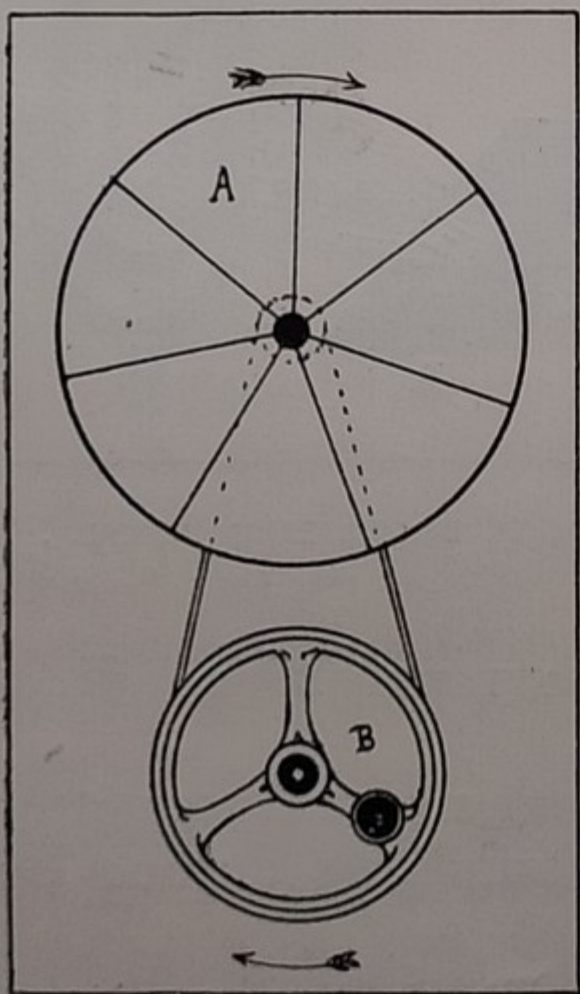



Fig. 152. — Il disco di Newton.

I sette settori sono colorati con i colori dello spettro. Durante la rotazione il disco *A* appare grigio.

128. Spettroscopia. Spettri invisibili. — Lo studio delle luci emesse dai diversi corpi luminosi si fa agevolmente mediante uno strumento detto *spettroscopio* (fig. 153): esso è formato in sostanza di un prisma, e di un cannocchiale, che ingrandisce lo spettro. L'osservazione di questi spettri prova che le so-

stanze semplici (*elementi chimici*) emettono spettri caratteristici per ognuna di esse, e formati ordinariamente di poche righe luminose.

Si parla così di spettro dell'*idrogeno*, dell'*ossigeno*, del *ferro*, ecc. e si può riconoscere nelle fiamme la presenza anche di minime quantità delle sostanze che si trovano in esse.

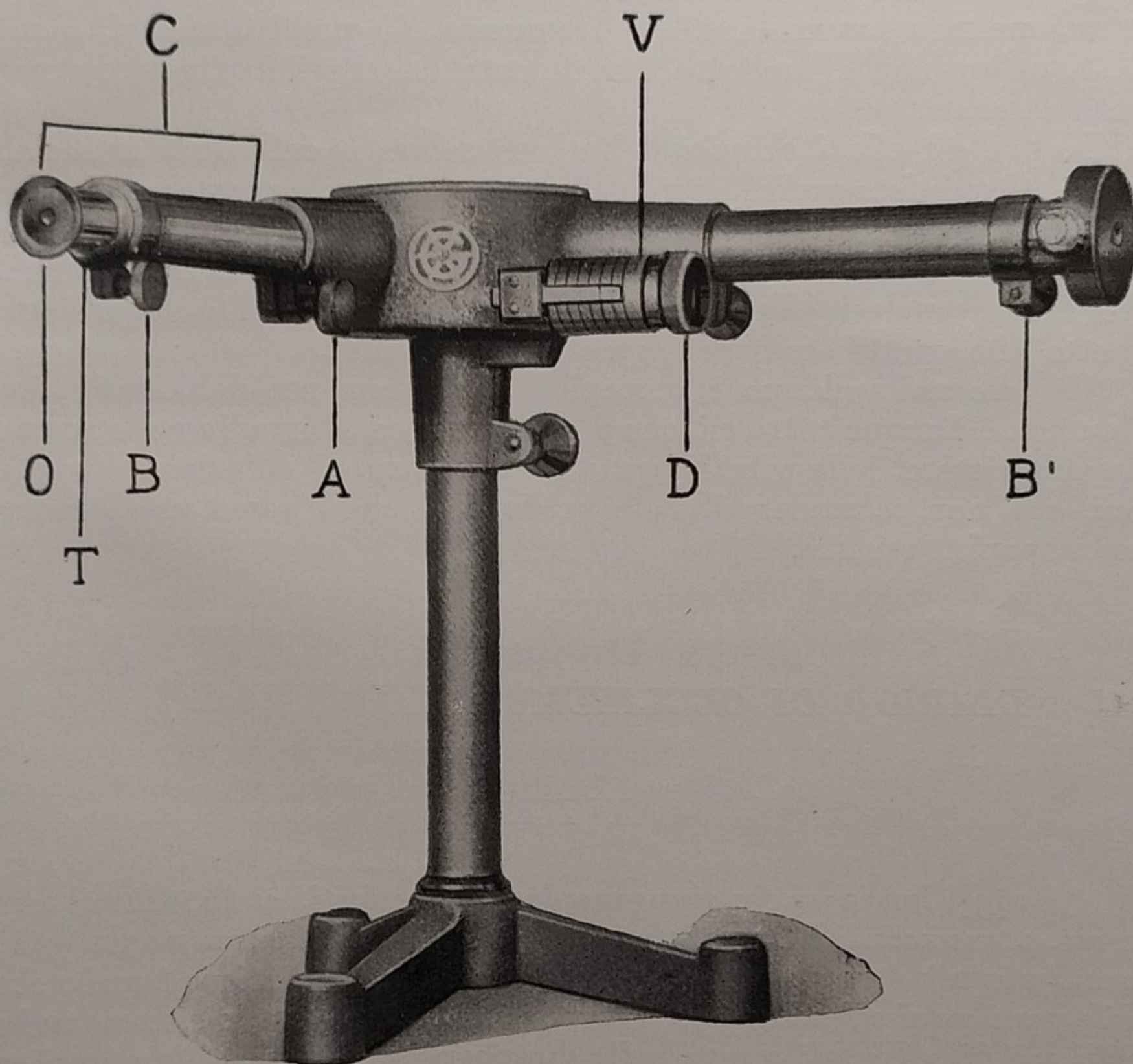



Fig. 153. — UNO SPETTROSCOPIO.

È uno strumento che serve ad analizzare le luci prodotte dalle diverse sorgenti di luce sia artificiali che naturali. (*Off. Galileo*).

La luce solare osservata allo spettroscopio attraverso una fenditura sottile, non dà uno spettro continuo, ma interrotto da sottili righe oscure dette di *Fraunhofer*, dovute all'assorbimento di alcune radiazioni prodotto da sostanze contenute nell'atmosfera solare o terrestre. Invece resta sempre praticamente continuo lo spettro dei solidi incandescenti come quello delle fiamme dei combustibili solidi e delle lampade elettriche ad arco.

Un fatto ancora più importante è stato scoperto studiando accuratamente lo spettro solare: gli effetti calorifici della luce solare, misurati con termometri molto sensibili, si manifestano più intensamente nella regione dello spettro che si trova nella parte oscura al di là della luce rossa (*spettro ultrarosso*).

Quelli che noi chiamiamo raggi calorifici sono dunque della stessa natura, ma non hanno la stessa frequenza, di quelli luminosi, o meglio, il calore non è prodotto ugualmente da raggi luminosi diversamente colorati.

Inoltre gli *effetti chimici* della luce solare o delle luci artificiali, come l'effetto fotografico, per cui certe sostanze esposte anche per brevissimo tempo alla luce si alterano ed anneriscono, non cessano all'estremo violetto dello spettro, ma, mentre sono quasi nulli nella parte rossa, sono più efficaci in una regione che sta al di là del violetto, rispetto allo spettro colorato (*spettro ultravioletto*).

Ciò che noi vediamo è percepiamo direttamente della *radiazione solare* non è dunque tutto ciò che il Sole produce ed irradia nello spazio. Forse il mistero della vita è legato all'esistenza ed all'azione di radiazioni, che non solamente il Sole produce, e che l'uomo non conosce ancora perfettamente.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XVIII.

** I raggi luminosi che giungono dai corpi celesti, ci ha detto il Professore, attraversando l'atmosfera si incurvano verso il basso perchè qui si trova l'aria più densa e perciò più rifrangente. La deviazione è molto sensibile per i corpi celesti che si trovano vicino all'orizzonte, e siccome noi ci illudiamo di vedere gli oggetti nella direzione in cui i raggi luminosi entrano nel nostro occhio, il Sole ci appare, al tramonto, ancora sopra l'orizzonte, mentre è già tramontato.*

*** Ora ho capito perchè le strade asfaltate sembrano, in lontananza, bagnate quando d'estate il Sole le riscalda fortemente: è un fenomeno di miraggio. Il Sole produce spesso effetti interessanti!*

Quando i suoi raggi, penetrando nella mia stanza, arrivano a cadere sullo specchio molato del cassettone, si vedono riflessi sulle pareti della stanza, alcuni spettri dovuti alla dispersione della luce nelle parti molate; per quanto poco larghi, alcuni di essi sono molto nitidi. L'occhio si rallegra, osservando colori così puri e vivaci.

*** *La bellezza dei brillanti, mi ha detto mio padre, dipende dalla forte rifrangibilità del diamante, da cui i brillanti sono formati e dalle innumerevoli riflessioni e rifrazioni che i raggi luminosi subiscono disperdendosi sempre più incontrando successivamente le molte faccette del brillante disposte con arte.*

**** *Per giudicare bene i colori, occorre osservarli alla luce del Sole; alla luce artificiale le intonazioni dei tessuti colorati si alterano e si confondono, specialmente nelle sfumature del rosso e del viola.*

Un compagno aveva portato a scuola delle cartoline, su cui erano tracciati dei segni rossi e verdi che non si capiva che cosa volessero rappresentare; ma, guardandole attraverso un foglio di celluloide rossa, si vedevano solamente i tratti verdi, come se fossero stati neri, che mostravano per esempio l'esterno di una casa. Guardando con un foglio verde, si vedevano in nero, solamente i tratti rossi, che mostravano l'interno della stessa casa.

CAPITOLO IV.

Strumenti ottici.

129. Le lenti. — Chiamasi *lente* un corpo trasparente, limitato da due superfici sferiche o da una superficie sferica ed una piana. Esse hanno in generale contorno circolare e sono piuttosto sottili, cioè di piccolo spessore rispetto al diametro. Sono di *sei* specie, divisibili in due categorie: quelle *convesse* che sono più spesse al centro che alla periferia, e quelle *concave* che sono più sottili nella parte centrale. La figura 154 mostra in sezioni, e indica il nome delle sei specie di lenti.

Fig. 154. — Le sei specie di lenti.
Da sinistra verso destra, (in sezione): lente biconvessa, lente biconcava, lente piano-convessa, lente piano-concava, menisco convesso, menisco concavo.
(Off. Galileo).

Asse principale di una lente è la retta passante per i centri delle superfici sferiche e perpendicolari al piano del contorno circolare della lente. Le lenti convesse sono tutte *convergenti,* cioè avvicinano all'asse principale i raggi uscenti da esse.

Il punto nel quale convergono i raggi rifratti, se quelli incidenti sono paralleli all'asse principale, si dice *fuoco principale* (fig. 155).

I fuochi sono due, uno da una parte ed uno dall'altra della lente:

la loro distanza dalla lente dipende non solo dalla curvatura delle superfici, ma anche dall'indice di rifrazione della sostanza da cui è formata la lente.

Veramente, in seguito alla dispersione, non tutti i raggi di un fascio di luce bianca convergono nello stesso punto; ed il fuoco dei raggi violetti è più vicino alla lente di quello dei raggi rossi. Questo fatto produce la colorazione delle immagini: fin d'ora però diremo che tutte le lenti usate negli strumenti ottici moderni sono praticamente corrette rispetto a questo difetto, cioè sono *acromatiche*. Ciò si ottiene accoppiando due lenti di forma e qualità diversa.

Fig. 155. — FUOCO PRINCIPALE DI UNA LENTE BICONVESSA.

In *F*, fuoco principale, convergono i raggi provenienti dall'altra parte della lente parallelamente all'asse principale.

Il punto nero è il centro ottico della lente.

130. — Per ogni lente sottile esiste un punto detto *centro ottico*, per cui i raggi passano senza essere deviati. Data la posizione dei fuochi di una lente ed applicando la proprietà dei raggi paralleli, è facile giustificare graficamente la formazione delle immagini e la loro qualità (fig. 156).

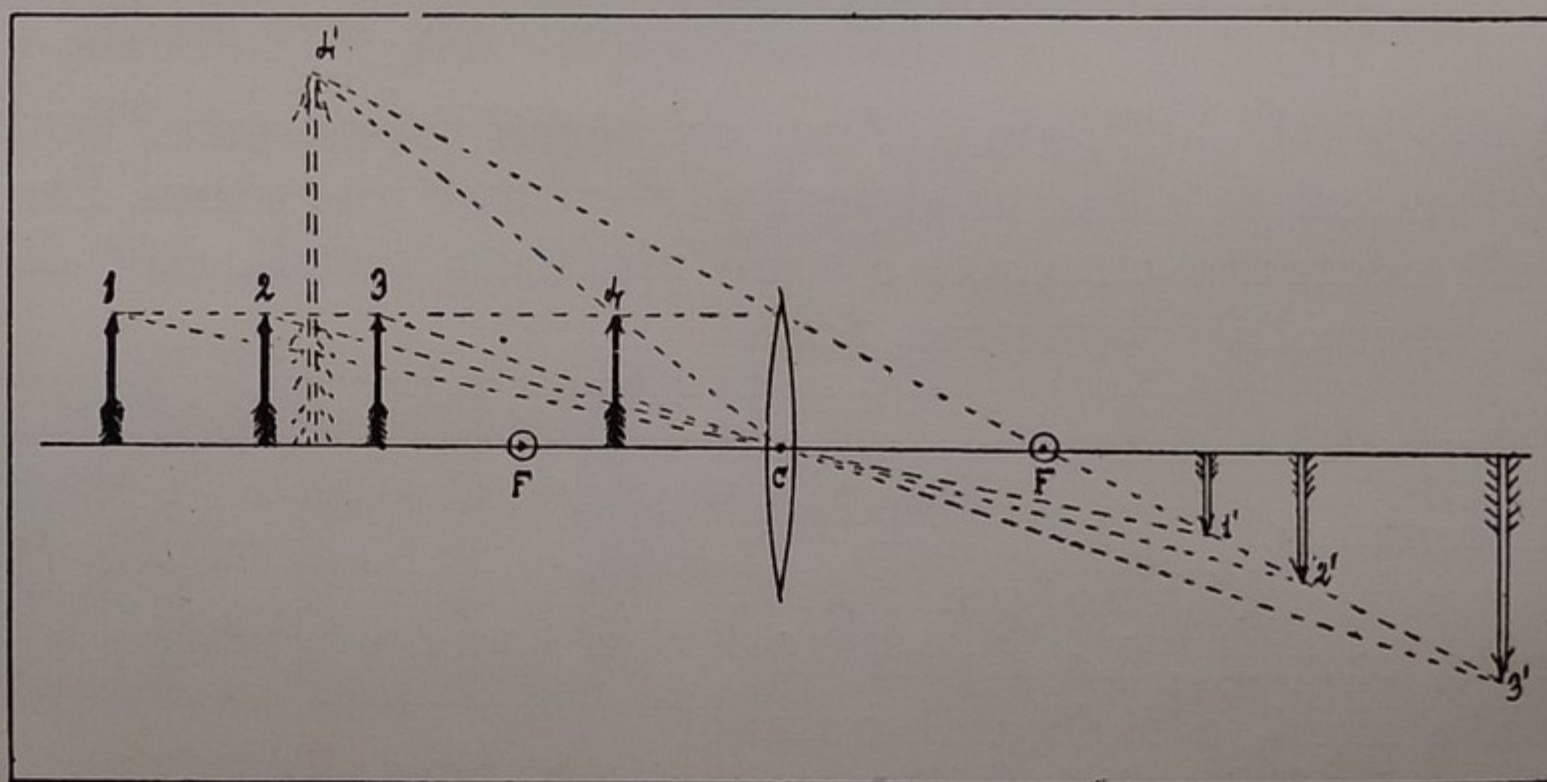



Fig. 156. — IMMAGINI DATE DALLE LENTI CONVESSE.

Il centro ottico della lente si trova in *C*.

Se la freccia nera occupa successivamente le posizioni 1, 2, 3, 4, le sue immagini sono nelle posizioni 1′, 2′, 3′, 4′.

In quali posizioni l'immagine è reale?

L'immagine è *reale* e *capovolta* se l'oggetto è più lontano del fuoco;

è uguale in grandezza, solamente se l'oggetto sta nella posizione 2, cioè a distanza doppia del fuoco. Osservando la figura vi riuscirà di fare altre deduzioni sulla grandezza relativa dell'oggetto e dell'immagine, come è stato fatto per gli specchi sferici.

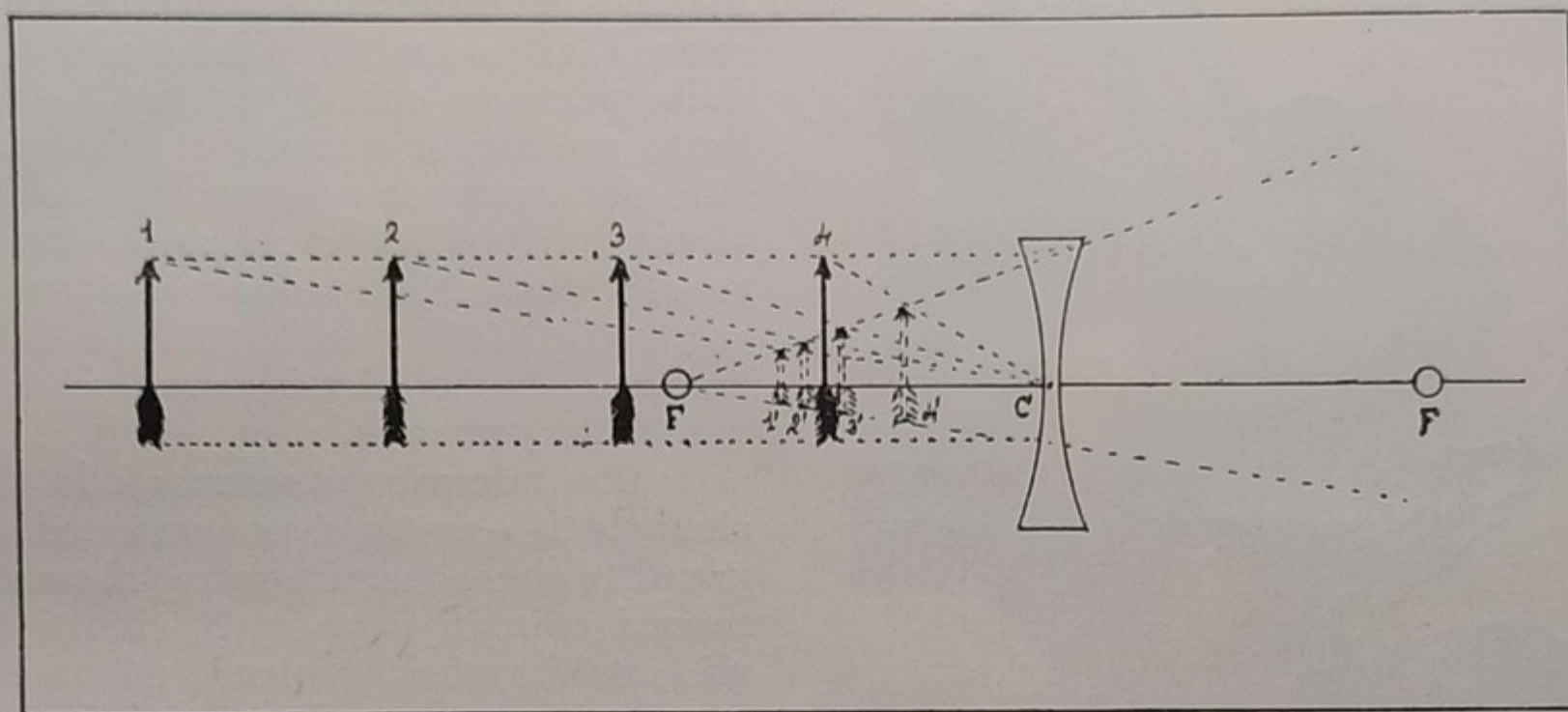



Fig. 157. — IMMAGINI DATE DALLE LENTI CONCAVE.
Le immagini sono sempre virtuali.

Importa soprattutto osservare che se l'oggeto si trova fra la lente ed il fuoco (posizione 4), l'immagine è invece *virtuale, diritta* e *ingrandita*. In questo caso l'oggetto, visto per trasparenza, appare ingrandito e la lente funziona perciò da *microscopio semplice;* ma l'ingrandimento non è mai rilevante perchè le immagini si deformano.

Nelle lenti *concave,* che sono *divergenti,* i fuochi sono virtuali e le immagini sono sempre *virtuali, diretti* ed *impicciolite,* come mostra la figura 157.

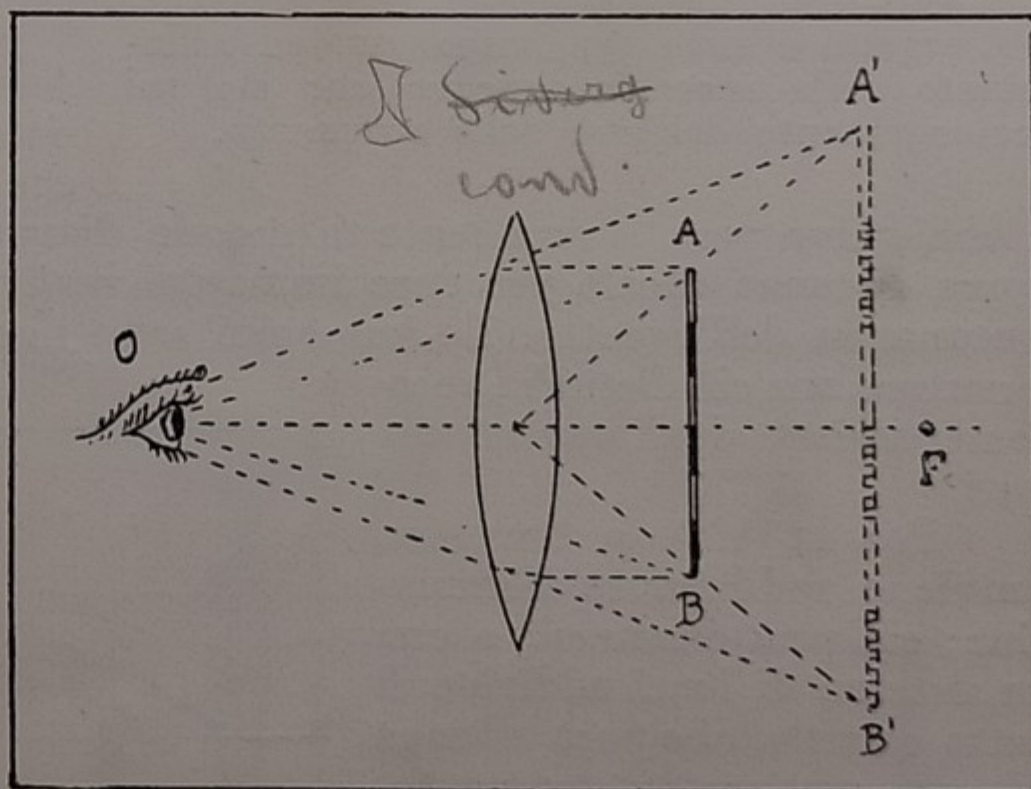



Fig. 158. — MICROSCOPIO SEMPLICE.
L'asta *A B* è vista dall'occhio posto in *O* sotto l'angolo *A' O B'*, e sembra ingrandita.

131. Strumenti ottici. — La *lente d'ingrandimento*, è una lente convessa usata in modo che l'oggetto da ingrandire sia posto, come abbiamo detto poco fa, fra la lente ed il fuoco (fig. 158).

Per ottenere forti ingrandimenti ed immagini corrette occorre però usare il *miroscopio composto*, di cui la figura 159 mostra un modello recente.

Esso consta di un tubo all'estremità del quale sono applicati due sistemi di lenti

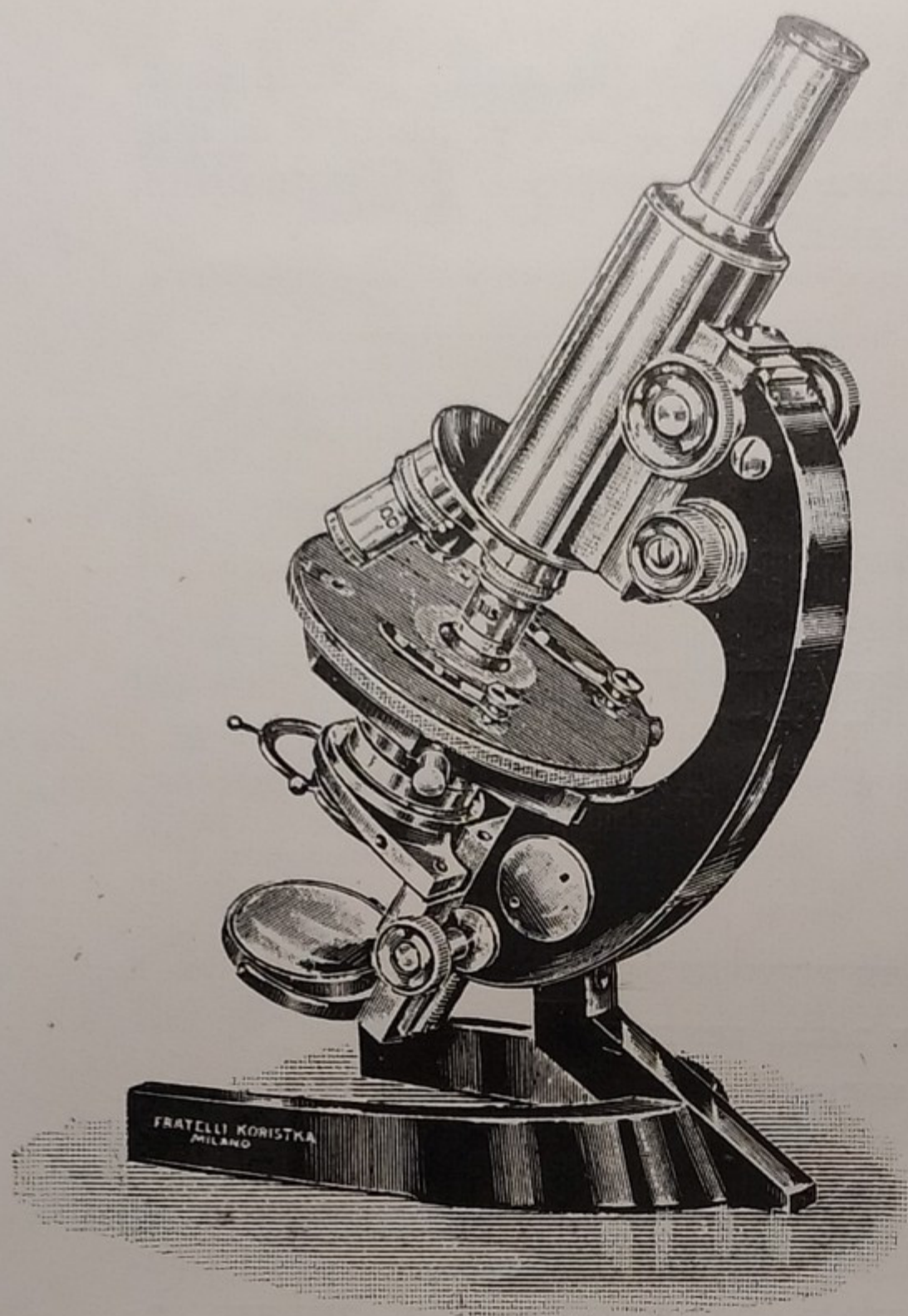



Fig. 159. — Microscopio composto.

L'oggetto è visto per trasparenza ed è illuminato dallo specchio concavo che sta sul prolungamento dell'asse dello strumento.

corretti; l'uno detto *obbiettivo*, perchè rivolto verso l'oggetto, è equivalente ad una lente convessa con fuoco molto corto.

Esso serve a creare un'immagine reale e molto ingrandita dell'oggetto, che deve essere disposto molto vicino all'obbiettivo ed illuminato fortemente dal disotto. L'altro sistema ottico, che si trova dalla parte in cui si applica l'occhio, è detto *oculare*, e crea della prima immagine una nuova immagine ingrandita, ma virtuale, che l'occhio raccoglie facilmente. Gli oggetti si vedono dunque rovesciati (fig. 160) perchè tale è l'effetto prodotto dall'obbiettivo; ma ciò non ha grande importanza.

Coi microscopi composti le dimensioni degli oggetti si possono vedere ingrandite anche tremila volte; si osservano tessuti animali o vegetali, ridotti in fogli sottili, microrganismi, ed anche sostanze solide ridotte in minutissimi frammenti. Come in tutti gli strumenti ottici l'oggetto si deve *mettere a fuoco*, cioè bisogna spostare le parti dello strumento mediante viti di precisione, per ottenere nell'occhio un'immagine nitida della regione dell'oggetto che si vuole osservare.

132. Il cannocchiale serve invece a distinguere i dettagli degli oggetti lontani avvicinandoli apparentemente all'occhio. Anch'esso consta (figg. 161 e 162) di un sistema *obbiettivo* e di un sistema *oculare* che funzionano come nel microscopio. L'obbiettivo però è una lente di grande diametro, per raccogliere molta luce, e di lunga distanza focale per dare immagini reali sufficientemente grandi malgrado la lontananza dell'oggetto. Le immagini sono naturalmente capovolte, rispetto all'osservatore, ma ciò disturba poco l'osservazione degli oggetti celesti.

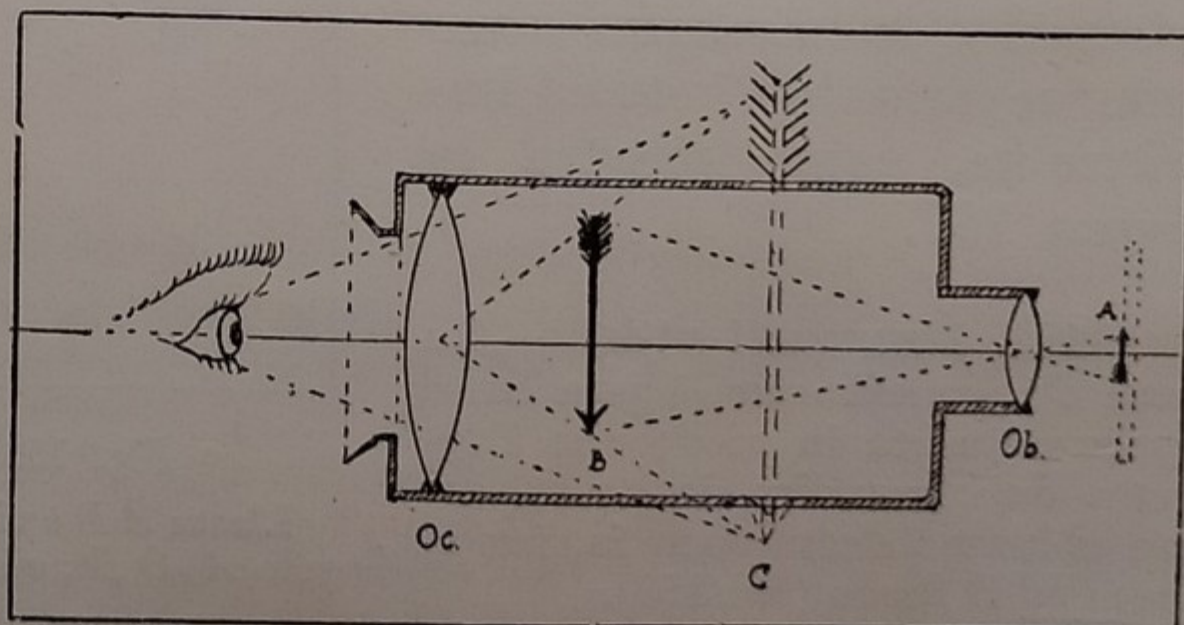



Fig. 160. — Schema di un misroscopio composto.

L'obiettivo *Ob* è, in realtà, sempre molto più piccolo dell'oculare *Oc*.

Per la visione terrestre, conviene raddrizzare l'immagine; ciò può ottenersi, o con un sistema di lenti addizionali detto *carretto*, che però allunga ed appesantisce lo strumento, o, per i tipi portatili, mediante un sistema di prismi a riflessione totale convenientemente disposti.

Nel cannocchiale di Galileo l'oculare è invece una lente divergente e le immagini sono diritte. Per la visione con am-

Fig 161. — Un cannocchiale.

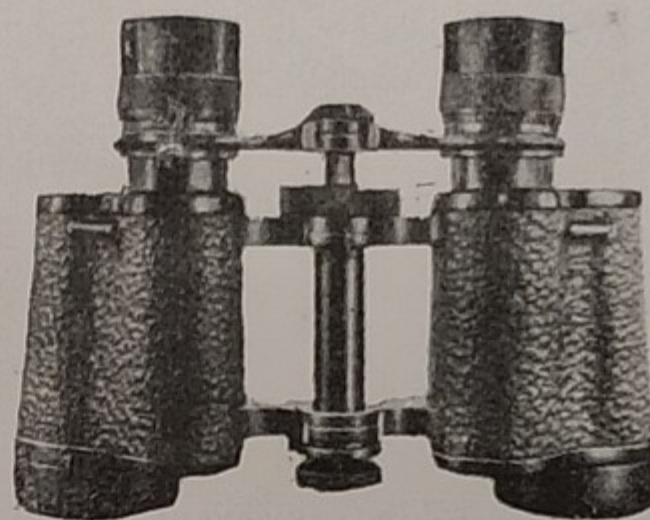



Fig. 163. — Binoccolo prismatico.

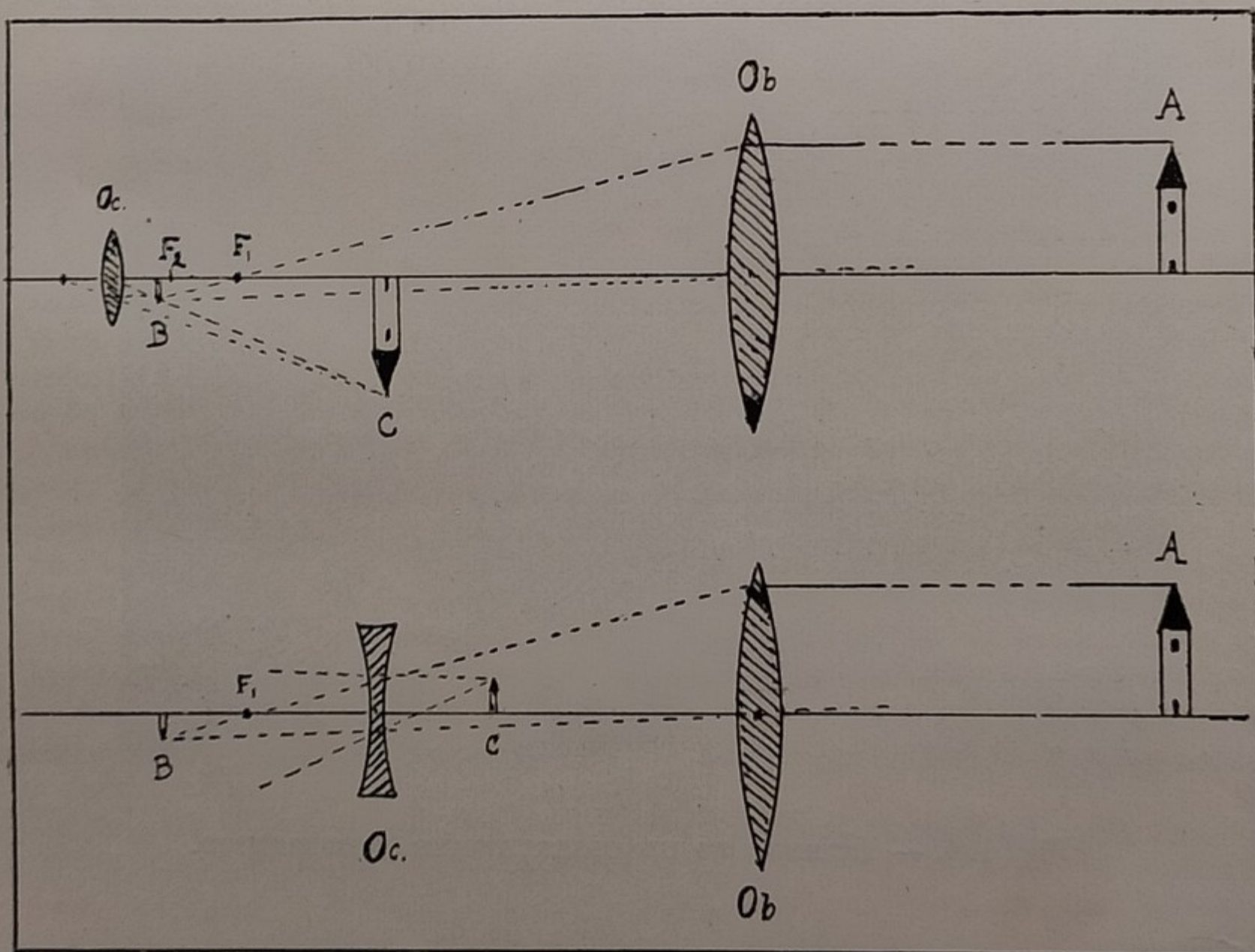



Fig. 162. — Schema di un cannocchiale astronomico e di un cannocchiale di Galileo.

In alto: cannocchiale astronomico. L'oggetto si vede rovesciato
In basso: cannocchiale di Galileo. L'oculare è una lente concava, e l'oggetto si vede diritto ma poco ingrandito.

bedue gli occhi, si hanno i *binoccoli* formati da due cannocchiali di Galileo appaiati o da due cannocchiali a prismi: questi ultimi sono più moderni e più perfetti (fig. 163).

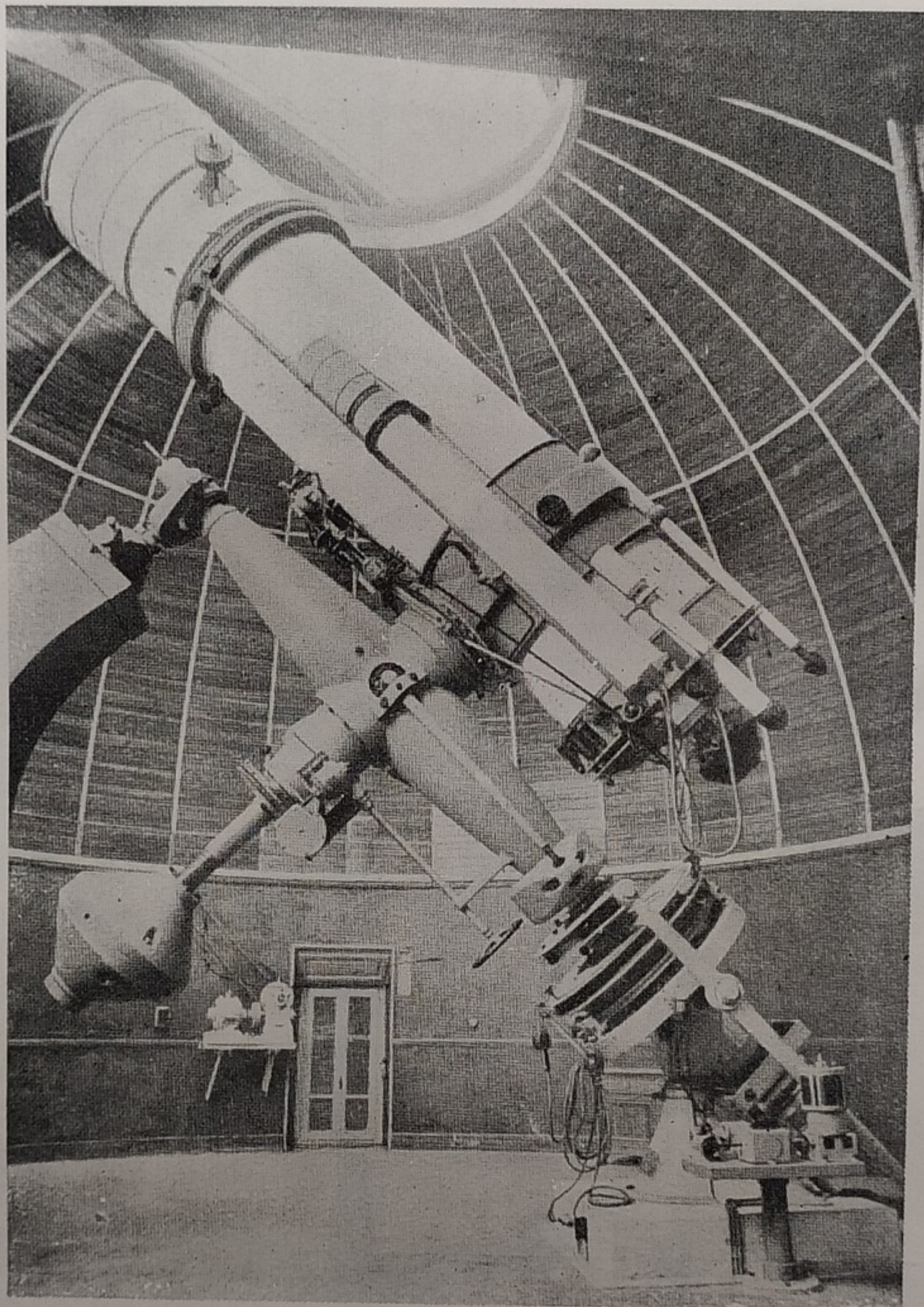



Fig. 164. — INTERNO DI UN OSSERVATORIO ASTRONOMICO.

I *cannocchiali astronomici* sono strumenti pesantissimi e molto lunghi. Devono perciò essere sostenuti da supporti speciali molto rigidi, attorno a cui possono ruotare con un movimento regolato da un orologio e che permette di seguire le stelle od i pianeti nel loro moto apparente rispetto all'asse terrestre (fig. 164).

Poichè le grandi lenti sono molto costose e difficili a costruirsi, le osservazioni astronomiche si fanno anche coi *telescopi* nei quali uno specchio concavo rivolto verso l'oggetto da osservare sostituisce l'obbiettivo, e crea delle immagini reali e capovolte. L'immagine viene quindi raccolta lateralmente, e vista con diversi artifici.

I telescopi sono ancora più pesanti e mastodontici dei cannocchiali.

Negli Stati Uniti ve n'è uno il cui specchio misura due metri e mezzo di diametro! In Italia vi sono importanti osservatori, con buoni strumenti, a Roma, a Milano, a Firenze ed a Padova, ove lavorò Galileo.

133. Nelle **macchine fotografiche** si ha una lente convessa corretta, detta *obbiettivo*, che produce sul fondo di una camera oscura un'immagine reale e capovolta dell'oggetto, molto più luminosa di quella che si ottiene mediante il piccolo foro della semplice camera oscura (figg. 165 e 166). La *messa a fuoco* si ottiene spostando l'obbiettivo e guardando, se occorre, il fondo della camera attraverso un vetro smerigliato. A questo si sostituisce poi una lastra di vetro od una pellicola di celluloide preparate appositamente, che si trovano in commercio. Esse sono cosparse da uno strato sottilissimo di un sale d'argento, che, finchè resta nell'oscurità, non si altera, ma che, esposto alla luce, subisce un principio di decomposizione, tanto più accentuata quanto maggiore è stata l'illuminazione ricevuta.

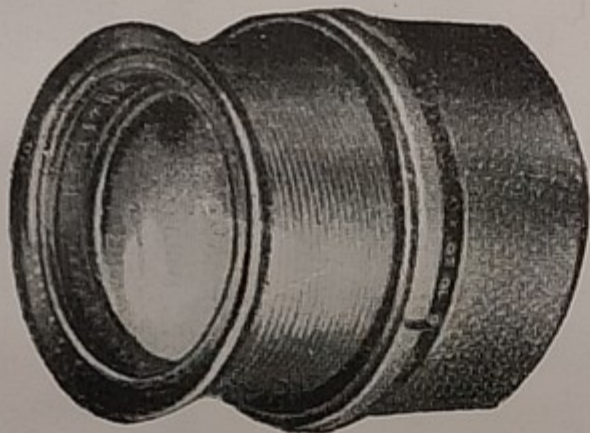



Fig. 165. — Obbiettivo fotografico.

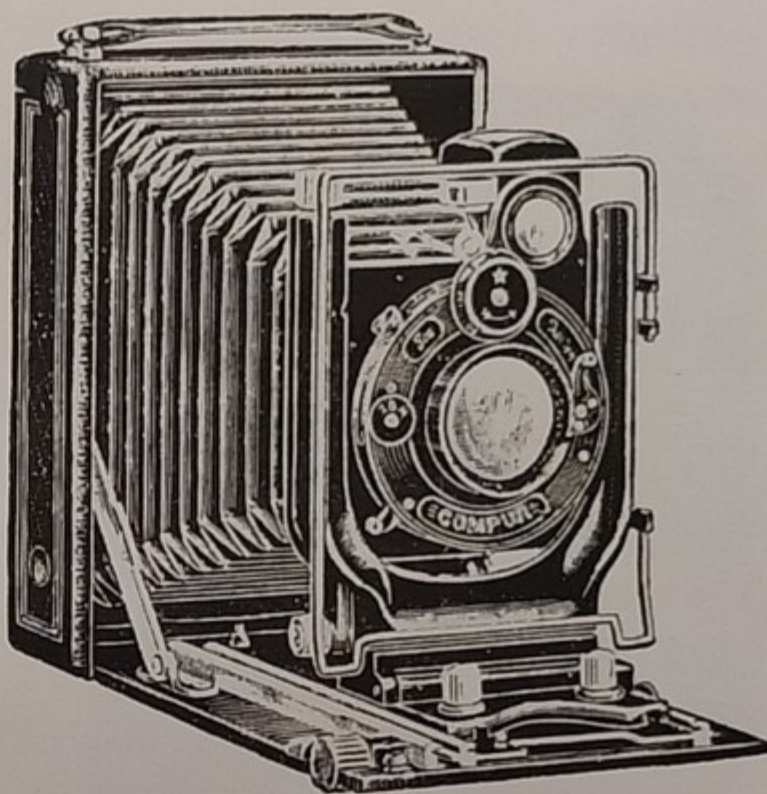



Fig. 166. — Macchina fotografica.

L'obbiettivo, quando la lastra è pronta, non deve essere aperto che per il tempo sufficiente ad impressionare la lastra (*tempo di posa*), durante il quale l'oggetto e la macchina devono restare immobili.

Se l'oggetto è bene illuminato, per fotografare l'oggetto bastano piccole frazioni di secondo (*istantanea*), e l'oggetto appare, sulla lastra, fermo, anche se era in moto nel breve tempo durante il quale è rimasto aperto l'obbiettivo.

Per rivelare l'impressione ricevuta dalla lastra o dalla pellicola è necessario sottoporre queste ad un trattamento chimico speciale (sviluppo) e l'immagine risulta *negativa*, cioè *opaca*, ove la luce ha colpito la lastra, e più o meno trasparente, ove la luce è caduta in quantità minore o maggiore.

Le *positive* si ottengono con un processo identico, esponendo alla luce filtrata da una negativa, un foglio di carta *sensibile*.

134. Cinematografo. — Per fotografare e riprodurre il movimento dei corpi occorre prendere tante successive fotografie istantanee con una macchina fotografica apposita (*apparecchio da presa cinematografica*) (fig. 167) in cui automaticamente una nuova superficie di pellicola da impressionare, si colloca dietro l'obbiettivo mentre questo è chiuso. Basta prendere venti fotografie al secondo, circa, per ritrarre i movi-

menti ordinari dell'uomo, ma molte di più ne occorrono per ritrarre i dettagli dei movimenti molto rapidi.

Queste fotografie stampate una sotto l'altra su di una lunga pellicola (film), sono quindi proiettate con rapida successione, mediante un apparecchio da proiezioni cinematografiche (fig. 168) su di uno schermo. L'occhio, che ha la proprietà di conservare la sensazione visiva per 1/20 di secondo circa (*persistenza delle immagini*), non si accorge della sostitu-

Fig. 167. — APPARECCHIO CINEMATOGRAFICO DA PRESA.

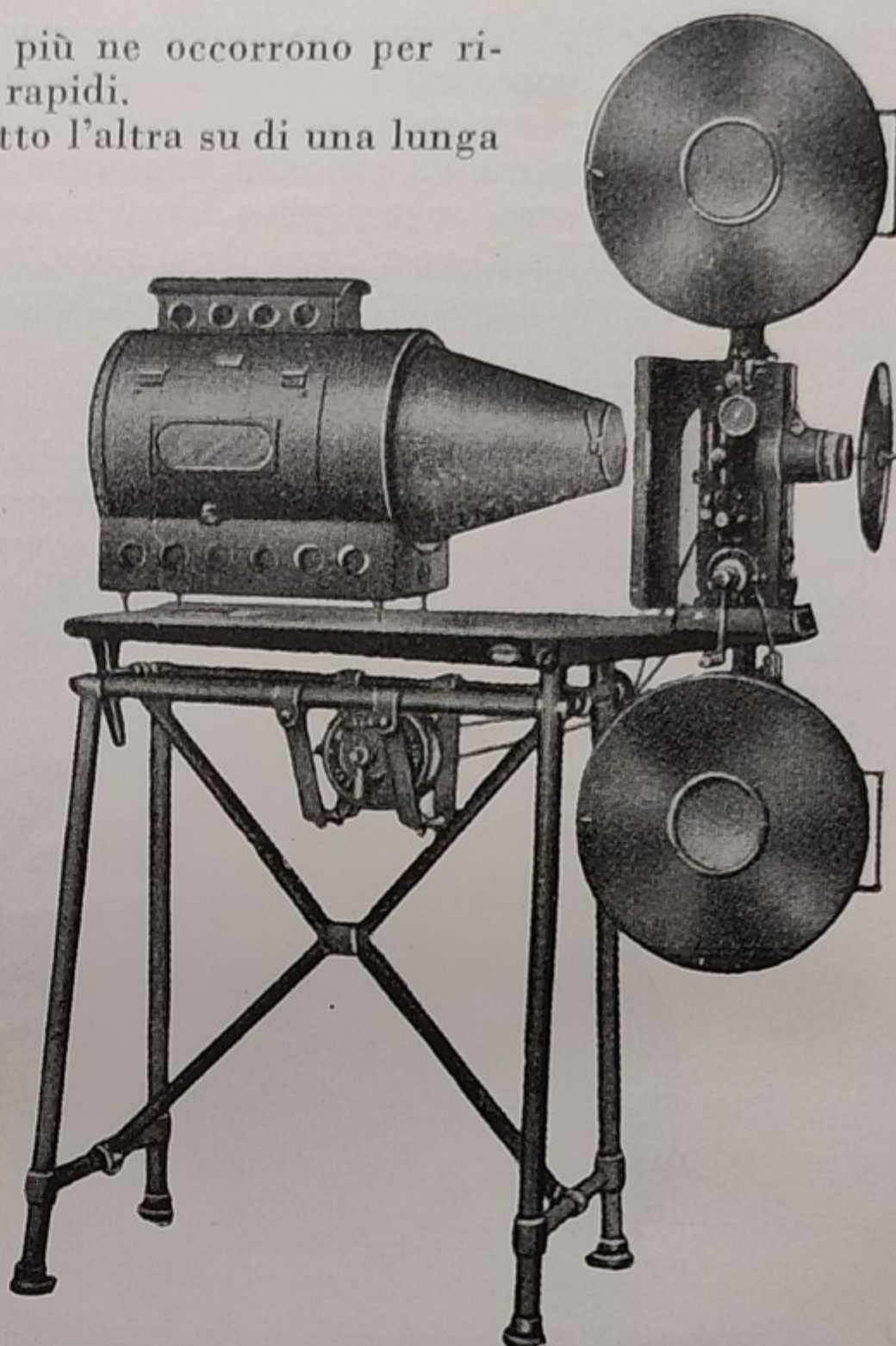



Fig. 168. — APPARECCHIO DA PROIEZIONI CINEMATOGRAFICHE.

zione delle diverse immagini, che avviene nel breve tempo in cui l'obbiettivo resta chiuso.

La parte meccanica di uno di questi apparecchi di proiezione è perfettamente simile a quella dell' apparecchio di presa. La parte ottica consta (fig. 169) di un obbiettivo, che crea della fotografia positiva trasparente (*diapositiva*), illuminata posteriormente da una forte sorgente luminosa e da un sistema di lenti detto *condensatore*, un'immagine reale e capo-

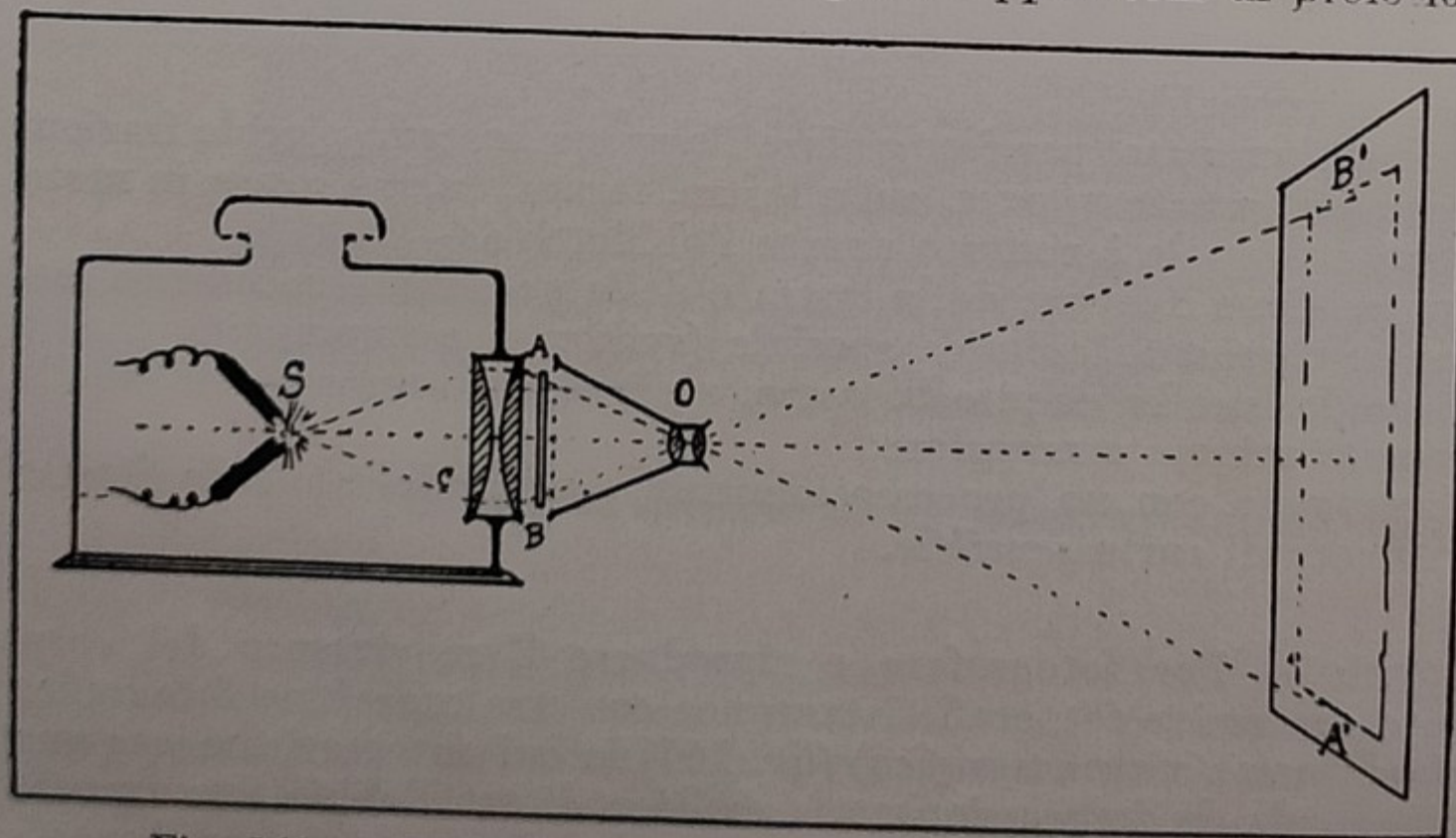



Fig. 169. — SCHEMA DI UN APPARECCHIO DA PROIEZIONE.

volta su di uno schermo bianco posto in una sala oscura. La superficie dello schermo può essere anche 60.000 volte più grande di quella della diapositiva.

Per vedere le immagini diritte occorre che le fotografie passino rovesciate dietro l'obbiettivo.

Coll'antica lanterna da proiezione è possibile solamente la proiezione fissa, cioè la visione di fotografie trasparenti o no, riproducenti scene ed oggetti immobili.

La proiezione cinematografica moderna è quasi sempre accompagnata dalla riproduzione contemporanea del suono, che viene registrato fotograficamente con tutte le sue fumature sul fianco della pellicola, ed amplificato con strumenti elettrici, come spiegheremo parlando della radiotelefonia.

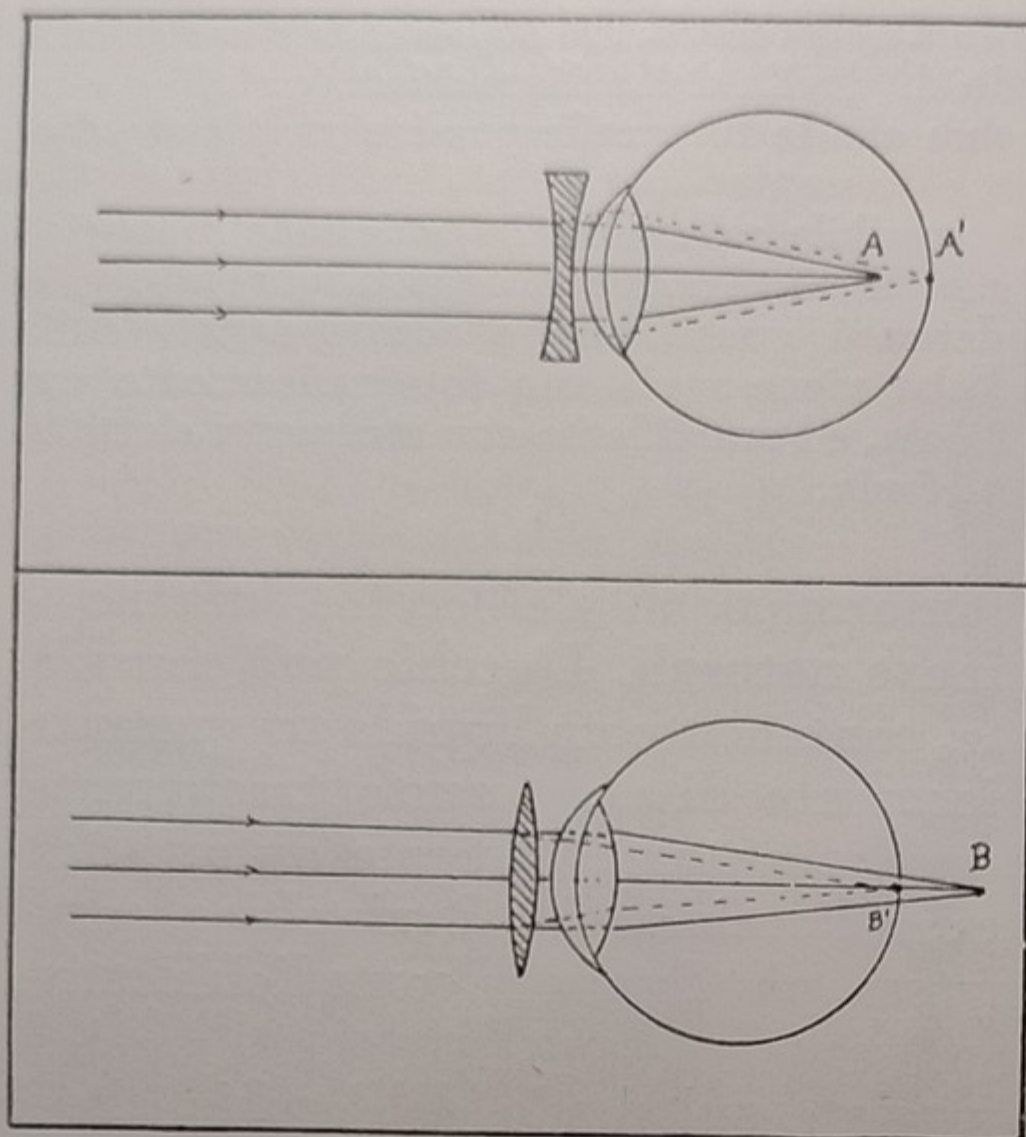
qua X

135. Occhio umano. — La conformazione dell'occhio umano è stata già descritta nel corso di scienze naturali. L'occhio può considerarsi come un globo a pareti opache, contenente un liquido trasparente, l'*umore vitreo*, e provvisto anteriormente di un tessuto trasparente, la *cornea*. Dietro l'*iride*, la cui *pupilla* contrattile regola automaticamente la quantità di luce che entra nell'occhio, vi è il *cristallino*, corpo trasparente a forma di lente biconvessa, che funziona come l'obbiettivo della macchina fotografica.

Le immagini si formano rovesciate sul fondo dell'occhio che è tappezzato da un tessuto detto *rètina*, formato dalle estremità del *nervo ottico*. La visione è nitida solamente nella parte centrale della rètina, detta *fòvea*, ma noi abbracciamo tutti i particolari visibili e comprendiamo la forma degli oggetti, spostando volontariamente gli assi oculari.

136. Accomodamento. Difetti della vista. — Nell'occhio normale le immagini si formano spontaneamente sulla rètina, solamente se gli oggetti si trovano a grande distanza. Per osservare oggetti vicini, il cristallino può *accomodarsi*, cioè incurvare le sue due facce in modo da aumentare la convergenza e riportare in avanti le immagini che tendono a formarsi dietro la rètina. Dunque, quando siamo svegli, il cristallino è sottoposto ad uno sforzo continuo e vario che ne provoca la stanchezza, specialmente se è costretto alla visione di oggetti molto vicini.

Con l'età il cristallino perde lentamente l'attitudine ad accomodarsi, e si ha la *presbiopia*, che si corregge anteponendo agli occhi delle lenti convergenti che aiutano il cristallino a riportare in avanti le immagini degli oggetti vicini.

Collo stesso tipo di lenti convergenti si cura anche il difetto, di solito congenito e poco avvertito, che il diametro dell'occhio corrispondente all'asse oculare sia troppo corto. Invece il difetto molto più comune, della *miopia*, per cui non si possono distinguere bene gli oggetti lontani, e che è dovuto all'esagerata lunghezza del diametro dell'occhio, rispetto alla distanza focale del cristallino, si cura con l'uso di lenti divergenti (fig. 170 e 171).

Figg. 170 e 171. — Miopia e presbiopia.

In alto, la lente concava aiuta il cristallino a portare in A', il punto A di convergenza normale dei raggi paralleli, che è davanti alla retina. *In basso*, la lente convessa aiuta il cristallino a convergere sulla retina, in B', i raggi rifratti che si incontrerebbero in B dietro l'occhio.

Il grado di miopia si esprime in *diottrie* cioè con l'inverso della distanza focale, espressa in metri, della lente sufficiente per far vedere bene gli oggetti lontani. Lenti del *numero due*, corrispondenti a due diottrie, hanno dunque mezzo metro di distanza focale.

Il *daltonismo* è il difetto per cui non si apprezzano nè si distinguono ugualmente bene tutti i colori: in generale, ai daltonisti, il rosso appare grigio.

137. Stereoscopio. — Le immagini di uno stesso oggetto date dai due occhi non sono uguali; ciò ci permette di comprendere facilmente il rilievo dell'oggetto, cioè la forma e le dimensioni, anche nel senso dall'avanti all'indietro.

Con lo *stereoscopio* (fig. 172) si portano di fronte agli occhi due fotografie di un oggetto prese da due macchine fotografiche i cui assi paralleli distano all'incirca quanto quelli degli occhi umani. La fusione delle due immagini in un'immagine unica, ridesta in noi con sufficiente fedeltà, la sensazione del rilievo delle parti dell'oggetto fotografato.

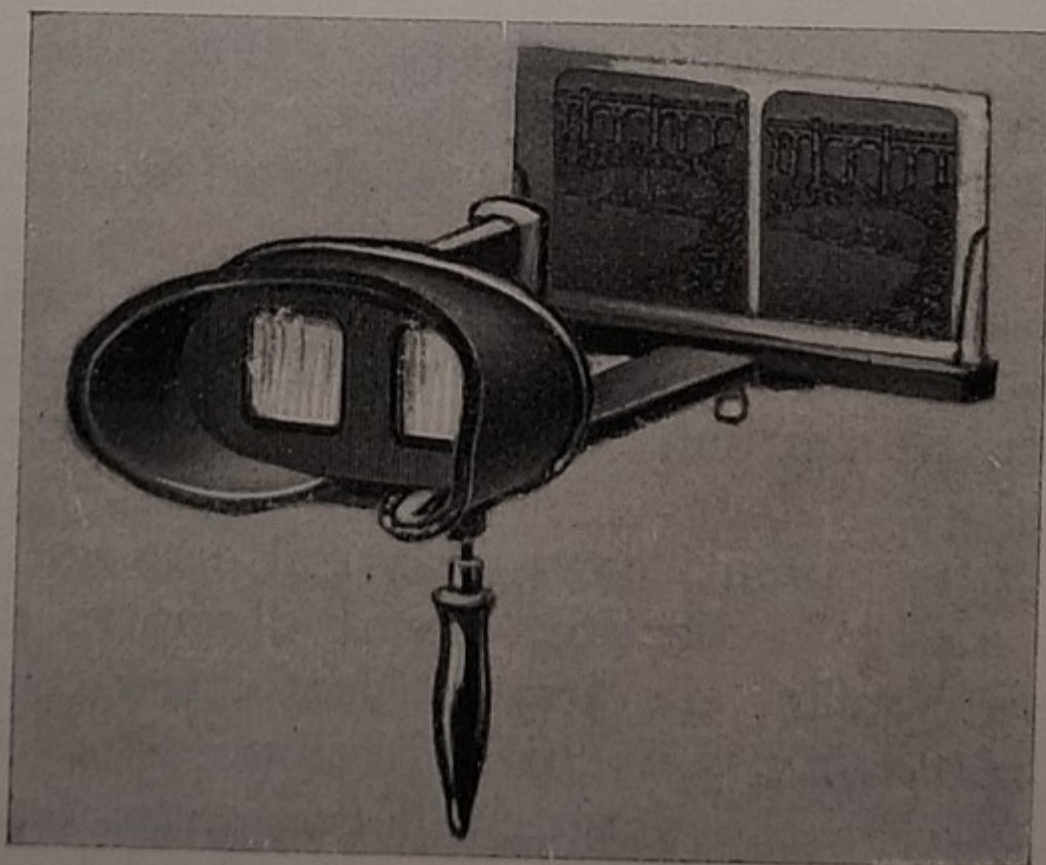



Fig. 172. — Uno stereoscopio. (*Off. Galileo*).

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XIX.

** Ho preso dal tavolo del babbo la sua bella lente di ingrandimento, ed ho concentrato sulla mia mano i raggi del sole; mi sono proprio scottato! La distanza focale è di circa venti centimetri; così ho constatato che per vedere ingranditi gli oggetti occorre metterli a distanza minore di venti centimetri dalla lente.*

*** Tonio mi ha insegnato il modo di fare un rudimentale microscopio composto.*

Con un sottile filo di ferro o di ottone, si fa un occhiello circolare del diametro di due millimetri al massimo e vi si mette una gocciolina di acqua o di glicerina, che prende la forma di una piccola lente biconvessa. Il filo stesso serve da sostegno della goccia, fermandolo su di un pezzo di legno in modo che l'anellino d'ottone sia orizzontale. Al di sotto della goccia si avvicina un oggetto piccolissimo, come un capello od un piccolo insetto: mettendo al di sopra e sullo stesso asse una lente biconvessa, si ha il microscopio. Ci vuole un po' di pazienza per trovare il punto giusto ove porre l'oculare, ma si possono ottenere dei forti ingrandimenti.

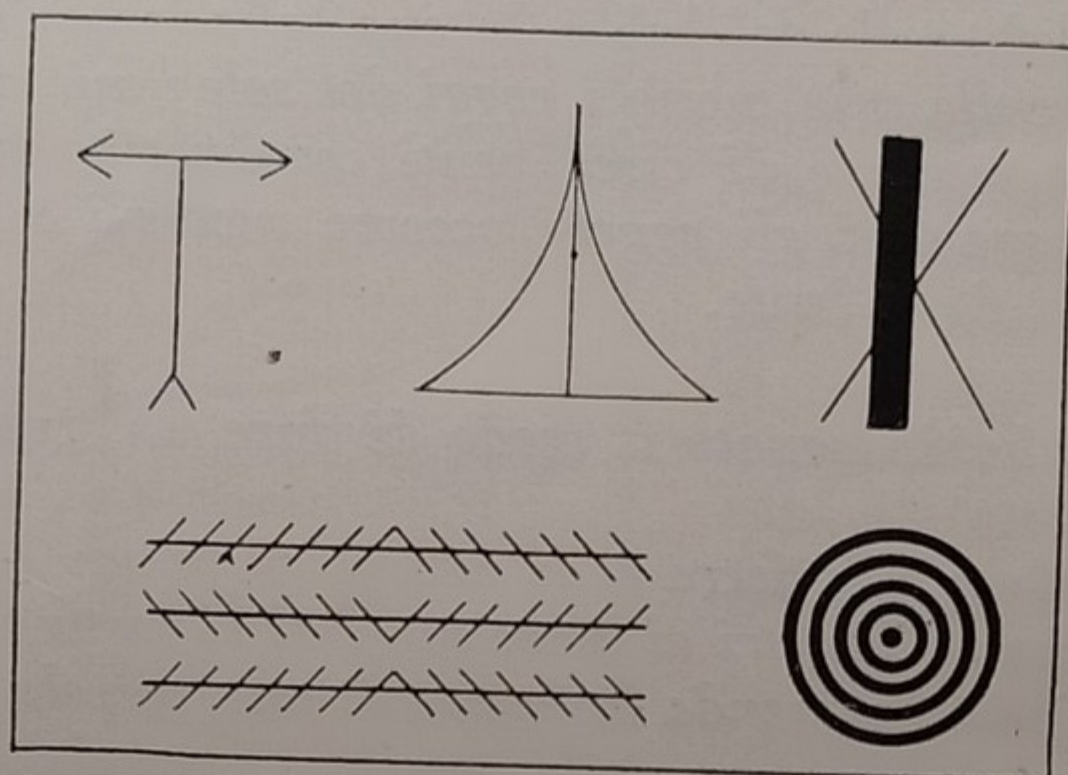
**** Alla gita in montagna di domenica scorsa, mio padre ha portato il binoccolo prismatico, che dà otto ingrandimenti, Ora che so press'a poco come è fatto, mi ci sono divertito a lungo; l'aria era limpida e si scorgeva la pianura per parecchi chilometri. Guardando col binoccolo ho ripercorso tutta la strada che avevamo fatto e dovevamo ancora rifare per tornare a casa.*

La serata poi, fu stupenda! Della luna quasi piena si vedevano distintamente, anche ad occhio nudo, le montagne e le valli.

Mi sono fatto indicare dal babbo il pianeta Giove ed ho visto benissimo col binoccolo uno dei suoi satelliti, che si chiama Io. L'osservazione delle sue occultazioni dietro il pianeta, è servita agli astronomi per determinare la velocità della luce. Le stelle sono così lontane che, anche coi più potenti telescopi, non si vedono più grandi, ma più luminose, ed il numero di quelle visibili cresce con la potenza dello strumento.

***** Mi è successo più volte al cinematografo di veder girare in senso inverso le ruote di un veicolo. Questa non è che un'illusione che dipende dal numero troppo limitato di fotografie che il cinematografo riprende*

per secondo; ma già tutta la visione cinematografica è un'illusione che riesce perfino a commuoverci ed a rallegrarci!

Ho qui ricopiato da un libro i disegni di alcune belle illusioni ottiche. Quelle tre rette sono parallele? Quale dei due segmenti della seconda figura è più lungo? Misurateli e vedrete!

ILLUSIONI OTTICHE.

PARTE VII.

ELETTROLOGIA

CAPITOLO I.

Il magnetismo.

138. Nozioni sul magnetismo. — Esistono dei pezzi di acciaio, in generale di forma allungata, che hanno la proprietà di attirare piccoli pezzi di ferro o di nichel: essi si dicono *magnetizzati* (fig. 173).

Una calamita, che potete anche acquistare da un ottico o da un cartolaio, non è altro che una sbarra magnetizzata piegata a ferro di cavallo (fig. 174).

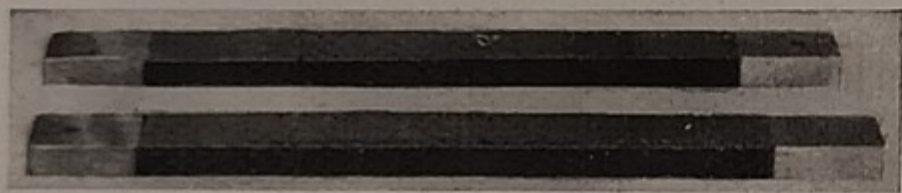



Fig. 173. — Sbarre magnetiche. (*Off. Galileo*).

Le proprietà magnetiche di una sbarra d'acciaio si trovano concentrate soprattutto nelle sue parti estreme, dette *poli*, e sono inesauribili.

Fig. 174. — Calamita a ferro di cavallo con àncora. (*Off. Galileo*).

Un pezzo di ferro dolce attaccato ad uno qualunque dei poli, diviene anch'esso temporaneamente magnetico, come mostra l'esperienza della figura 175. Ma i due poli non sono identici: prendiamo, infatti, due sbarre magnetizzate ed avviciniamo due dei loro poli. Troveremo che questi *o si attraggono*, come se una delle sbarre fosse di ferro dolce, *o si respingono*.

Per osservare meglio le azioni suddette, sospendiamo una sbarra ad un filo sottile, anche metallico, per la parte centrale (fig. 176), ed avviciniamo ad essa un'estremità dell'altra sbarra. Constateremo che uno dei poli della sbarra sospesa è attratto fortemente, l'altro, con pari forza, è respinto.

Fig. 175. — Magnetizzazione temporanea del ferro dolce.

In *a* si vede che la sbarretta di ferro dolce non è magnetizzata, perchè non attira i cilindretti di ferro sottostanti.

In *b* la sbarretta attira i cilindretti come se fosse un magnete: l'azione cesserebbe allontanando nuovamente il magnete *N S*.

Avvicinando ora ai poli della sbarra sospesa, l'altra estremità della sbarra tenuta in mano, verificheremo che questa respinge il polo che la prima attraeva e, viceversa, attrae quello che era respinto. Se invece avvicinassimo ai poli della sbarra sospesa, un pezzo di ferro dolce, si troverebbero sempre delle attrazioni.

Fig. 176. — Sbarra magnetica sospesa, per lo studio delle azioni magnetiche.

I due poli di una calamita si dicono *polo Nord* e *polo Sud* (le lettere *N* ed *S* delle figure, indicano appunto di quale polo si tratti), perchè ogni sbarra sospesa pel centro di gravità e libera di ruotare in un piano orizzontale, tende ad orientarsi cioè a disporre il suo asse nella direzione geografica Nord-Sud.

I due poli non possono confondersi: è sempre quello che segneremo una volta con *N* che si rivolge al Nord.

Ora che li abbiamo chiaramente distinti possiamo accertare il fatto importantissimo che *l'attrazione si esercita fra poli di nome diverso, e la repulsione fra poli dello stesso nome;* ma, benchè tra loro diversi, è impossibile separare due poli magnetici. Infatti, se spezziamo un magnete in due parti (fig. 177), in ogni pezzo si ritrovano, nel punto di separazione, proprio le polarità che volevamo allontanare.

Fig. 177. — Il magnete spezzato.

La stessa sbarra magnetica è stata spezzata successivamente in 2, 4 e 8 parti uguali. Ognuna di esse è un magnete completo con i suoi due poli.

139. Magnetismo terrestre. — Un magnete rettilineo si orienta anche se è posto su di un pezzo di sughero galleggiante. Ma la direzione definitiva è raggiunta molto più rapidamente da un ago magnetico (fig. 178), cioè da una leggera laminetta d'acciaio magnetizzata tagliata a rombo e sostenuta da una punta per la parte centrale.

Esso costituisce la parte essenziale di ogni bussola magnetica, strumento utilissimo ai navigatori del mare e dell'aria per dirigersi in mancanza del Sole e delle stelle. All'ago della bussola è attaccato un sottilissimo disco di celluloide o di carta su cui è segnata la *rosa dei vènti*. La bussola a sua volta è sospesa in modo da mantenersi orizzontale malgrado i movimenti della nave (fig. 179).

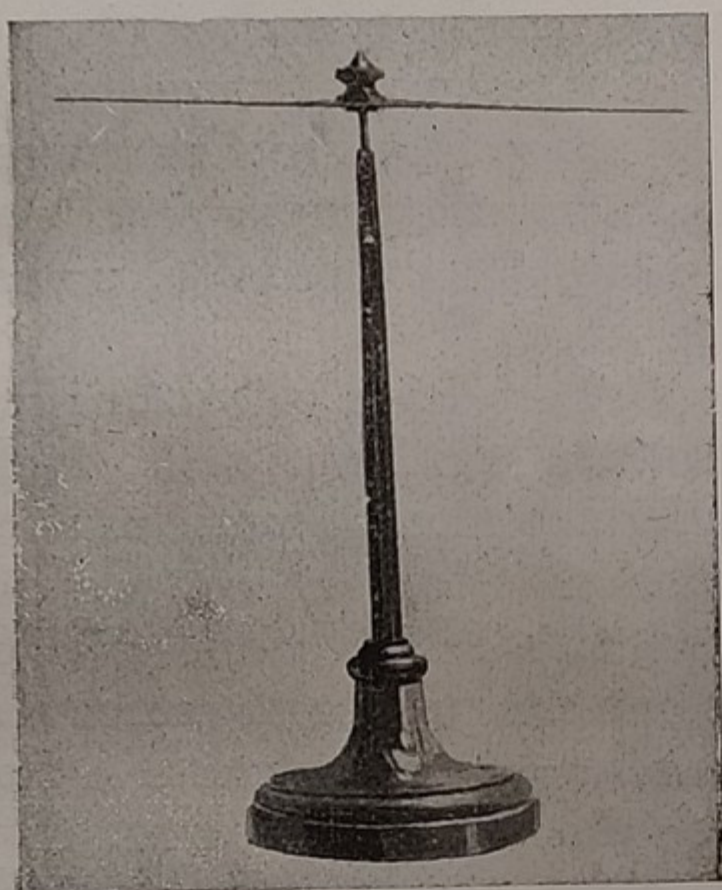



Fig. 178. — Ago magnetico.
(*Off. Galileo*).

Fig. 179. — Modello di bussola con sospensione cardanica.

L'asse di sospensione della bussola, e quello dell'anello che la sostiene, sono tra di loro perpendicolari. (*Off. Galileo*).

Si ritiene che anche la Terra sia un grosso magnete i cui poli si trovano molto vicini ai poli terrestri. Poichè il Polo Nord terrestre non coincide col corrispondente polo magnetico, la direzione indicata dall'ago magnetico non è sempre la direzione esatta del *Nord geografico*.

L'angolo che l'ago forma col piano del meridiano terrestre, cioè col piano verticale del luogo passante anche per i poli, si dice *angolo di declinazione magnetica* (fig. 180).

La declinazione varia da luogo a luogo della Terra ed è, in Italia, sempre occidentale: A Milano è di circa 7° 30′; a Roma ed a Udine è di 5° 30′, a Taranto è meno di 4°, sempre verso ovest. La conoscenza

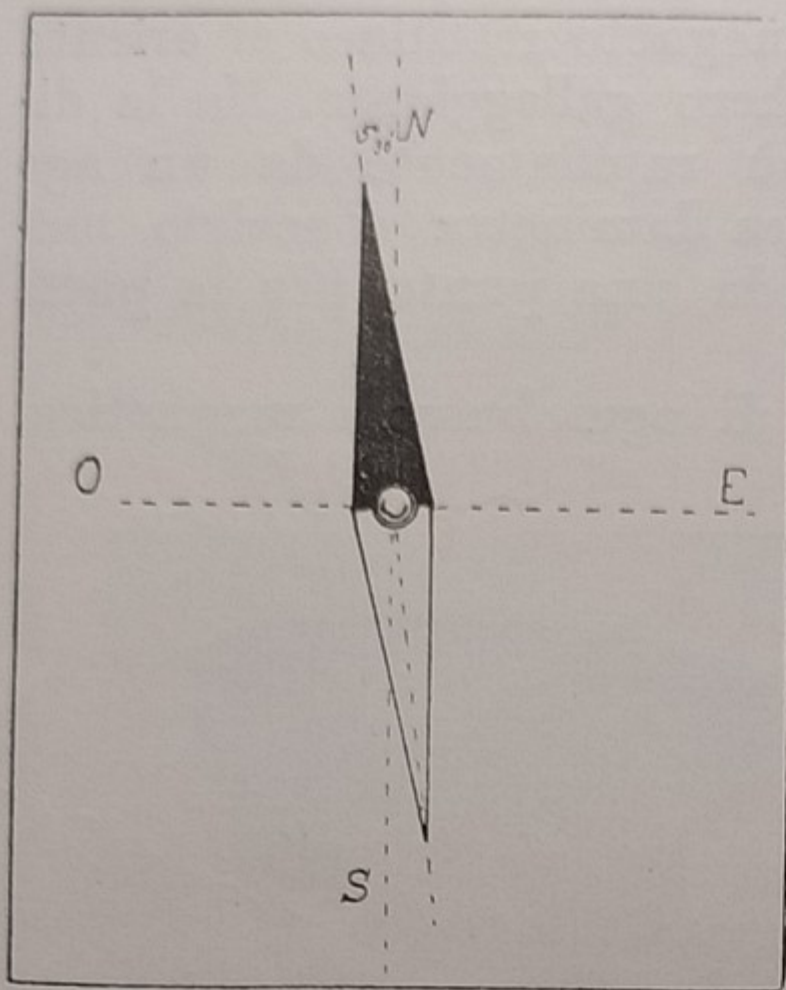



Fig. 180. — La declinazione magnetica.

A Roma, l'ago della bussola ed il meridiano terrestre formano un angolo di 5° e 30′ circa, verso ovest.

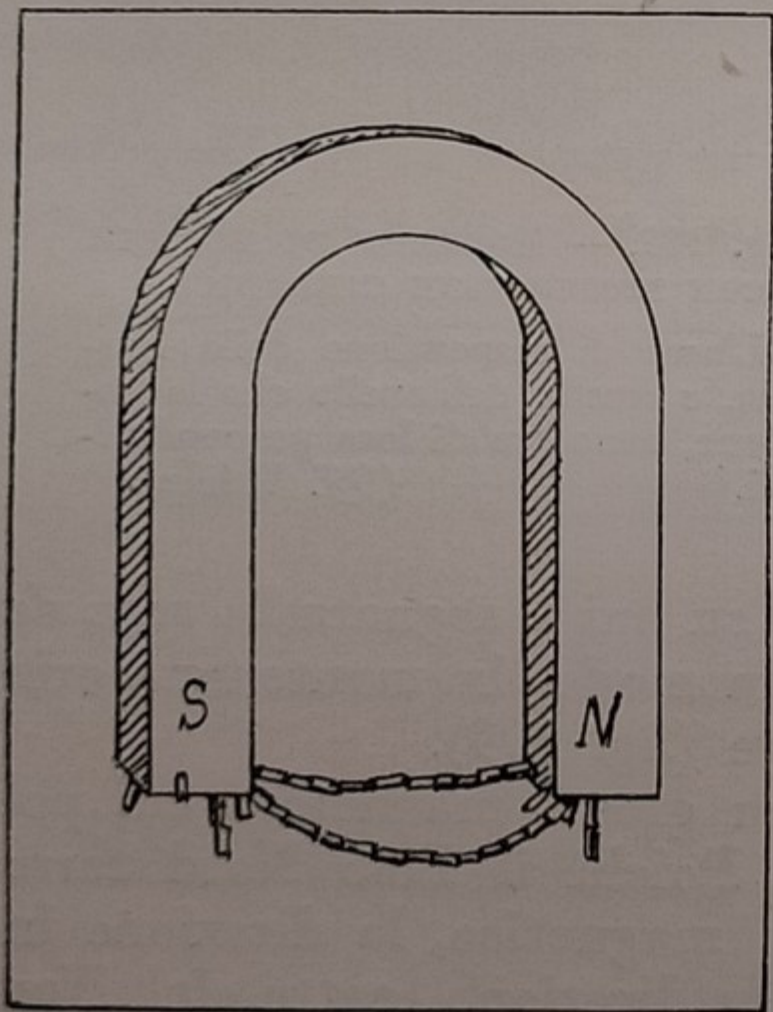



Fig. 181. — Il campo magnetico.

I cilindretti di ferro si dispongono tra i due poli di un magnete, come gli elementi di corde elastiche pesanti, attaccate ai poli del magnete.

di questo angolo, che varia lentamente con gli anni, è necessaria per un perfetto orientamento della bussola.

140. Campo magnetico. — Se, tra i poli di una calamita poniamo dei piccoli cilindretti di ferro dolce, come mostra la figura 181, vediamo che essi si dispongono secondo una linea continua che tende ad accorciarsi. Spezzando in un punto qualunque questa linea di corpi magnetici, troviamo che le due parti tendono a ricongiungersi perchè le due estremità sono magnetizzate di nome diverso: ha polarità nord, quella mezza catena che parte dal polo nord della calamita, polarità sud l'altra metà.

Se poi si avvicina ad un magnete della limatura di ferro o di nichel, questa aderisce ai suoi poli in fiocchi più o meno massicci, a seconda della forza magnetica della sbarra (fig. 182).

L'azione magnetica si esercita anche se poniamo tra magnete e limatura un foglio sottile di carta, di vetro, o di altra sostanza non magnetizzabile. Ciò ci permette di eseguire l'interessante esperienza degli spettri magnetici e mostrare l'andamento delle linee secondo cui si dispongono i piccolissimi magneti temporanei costituiti dai granelli di limatura di ferro, e che sono dette *linee di forza magnetica*.

Basta disporre orizzontalmente sul magnete un cartoncino, e cospargere da piccola altezza e con regolarità la limatura, aiutando l'assestamento dei granelli con leggeri colpi dati al cartoncino stesso. La limatura si disporrà secondo linee caratteristiche (fig. 183) dalla cui osservazione potremo trarre le seguenti importanti conclusioni:

a) le linee di forza sono più fitte dove è più intenso il magnetismo, cioè nelle vicinanze dei poli;

b) le linee di forza collegano sempre due poli magnetici di nome diverso, e non penetrano entro la sbarra;

c) le linee di forza non si tagliano mai e tendono a respingersi se partono da poli dello stesso nome.

La forma di questi spettri permette di indagare la natura dello spazio circostante ad un magnete, che è detto il suo *campo magnetico*.

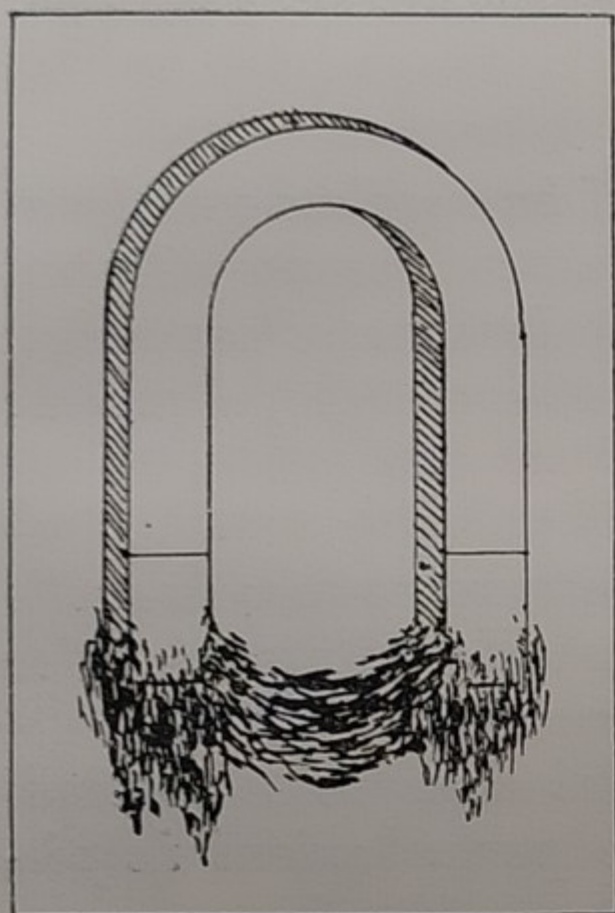



Fig. 182. — Attrazione della limatura di ferro.

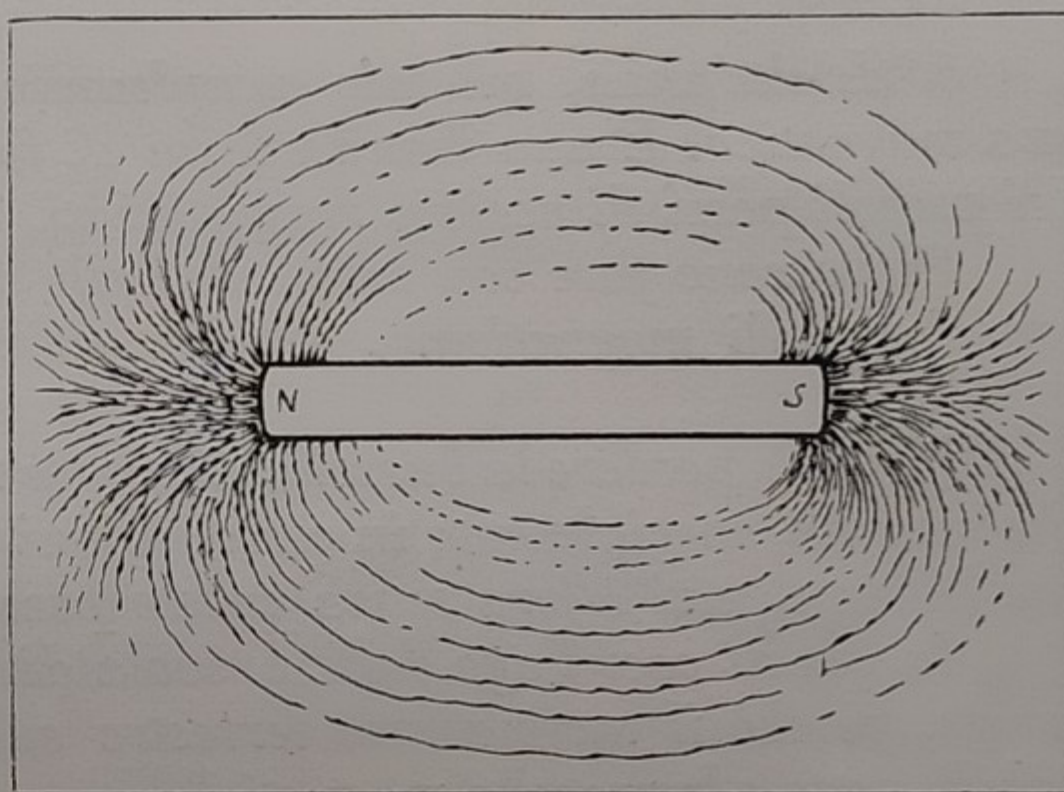



Fig. 183. — Spettro magnetico dato da due poli di nome contrario.

141. Magnetismo temporaneo e permanente. — Le proprietà magnetiche sono possedute in modo permanente ed in quantità apprezzabile solamente dall'acciaio e da certi minerali di ferro, per esempio dalla *magnetite*.

Tra le sostanze comuni solamente il *ferro dolce* ed il *nichel*, subiscono le comuni azioni magnetiche e diventano temporaneamente magnetici, quando si trovano in un campo magnetico, ma perdono queste proprietà, quando sono lontani da magneti permanenti.

Apprenderemo più avanti come si possano produrre, con la corrente elettrica, campi magnetici molto intensi: in questi campi si osserva che tutti i corpi subiscono azioni magnetiche, ma naturalmente in misura molto minore, sia del ferro che del nichel.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XX.

* *Ero ancora piccino quando mio padre mi regalò una calamita verniciata in rosso nella parte arcuata. Egli mi aveva insegnato a fare la bussola con un grosso ago da lana, sospendendolo con un sughero nella parte centrale.... ma l'ago impiegava molto tempo ad orientarsi e mi sembrava avesse dei movimenti strani.*

** *L'altr'anno, pel mio compleanno, lo zio mi ha regalato una lavagna magnetica. È una lastra spessa di ferro dolce su cui restano aderenti dei piccoli pezzi di acciaio magnetizzati, anche se la lavagna si capovolge.*
Si possono fare con essi delle belle composizioni artistiche, e qualche esperienza di magnetismo.

*** *Il « perdere la bussola » è, per le navi, un fatto meno raro di quello che si crede, specialmente in certe regioni dell'oceano. Ma ciò non significa che la nave resti allora senza questo prezioso strumento!*
In questi casi l'ago della bussola dà indicazioni disordinate e quindi errate, perchè il magnetismo terrestre subisce delle perturbazioni inspiegabili dette « burrasche magnetiche ».
Le grosse navi sono perciò fornite di bussole giroscopiche, cioè di ruote massicce, giranti a grande velocità, che tendono a mantenere il proprio asse di rotazione parallelo a quello della Terra, e forniscono sicuramente alle navi, una direzione fissa a cui riferire la propria rotta.

CAPITOLO II.

Corpi elettrizzati.

142. Tutti i corpi possono elettrizzarsi. — Se prendiamo due palline di *ebanite* (sostanza nera ottenuta fondendo il caucciù con lo zolfo), sospese a due fili sottili, come due piccoli pendoli (fig. 184), e le avviciniamo, non ci accorgiamo che esse si attraggono come vuole la legge dell'attrazione universale, perchè il loro peso è molto più grande della forza di attrazione che si esercita fra di loro. Ma se, prima di avvicinarle, le strofiniamo con un pezzo di lana asciutta, vedremo, in modo molto evidente, che *tendono a respingersi*. Esse hanno dunque

acquistato con lo strofinìo, una proprietà nuova che in questo caso si manifesta con una repulsione reciproca, e si dicono *elettrizzate*.

Fig. 184. — Repulsione di due palline di ebanite elettrizzata.

Due palline di ebanite si respingono dopo essere state strofinate colla lana.

L'elettrizzazione così acquistata, a differenza della magnetizzazione dell'acciaio, si disperde facilmente: basta tenere per qualche secondo le palline nel pugno.

Anche un bastone di ebanite strofinato con la lana respinge un altro bastone di ebanite; li possiamo sospendere per la parte centrale, come facemmo per studiare le azioni fra due sbarre magnetiche, e constatare che l'elettrizzazione è posseduta dalle sole parti strofinate e non è concentrata alle estremità, come nei magneti, e che non si manifestano azioni fra corpi magnetici e corpi elettrizzati.

Fig. 185. — Attrazione di corpi leggeri.

Anche certe penne stilografiche si possono elettrizzare.

Ma i fenomeni elettrici si presentano sotto aspetti ancora più complessi ed anche fra corpi non tutti elettrizzati: infatti un bastone di ebanite elettrizzato, come pure un bastone di vetro strofinato con la lana, sono capaci di attirare corpi leggeri (fig. 185) come pezzetti di carta o di legno.

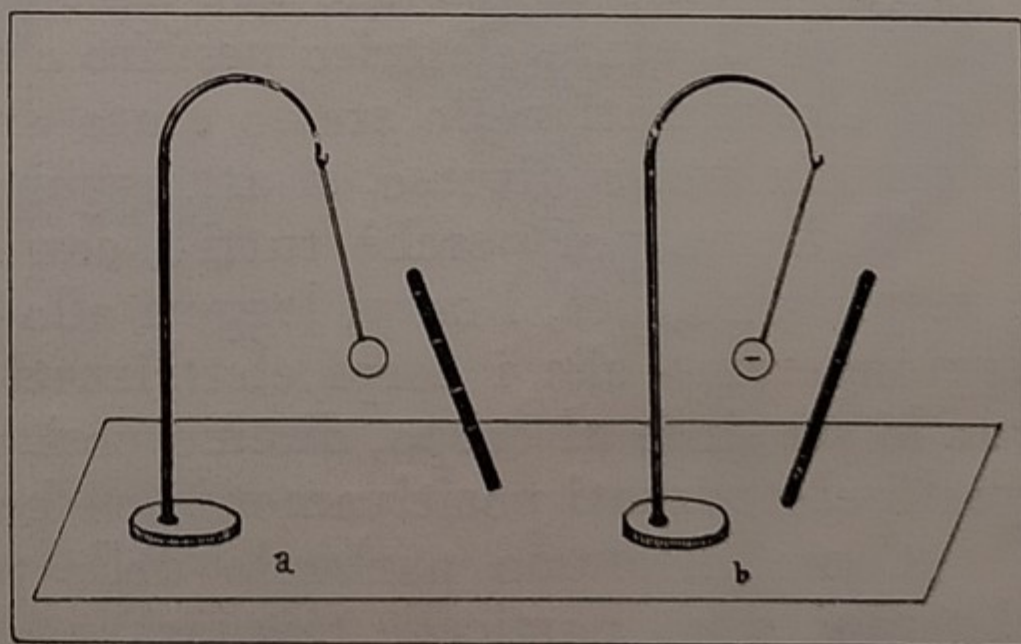



Fig. 186. — Attrazione e repulsione di una pallina di sambuco.

Come ogni corpo leggero, una pallina di midollo di sambuco prima è attratta e poi è respinta da un corpo elettrizzato.

È stato questo, anzi, il primo fenomeno elettrico constatato fino dai tempi antichi sull'ambra strofinata con la lana.

Se però sospendiamo ad un filo di seta e *non di cotone*, un leggero cestellino di carta od una pallina di midollo di sambuco (fig. 186), il bastone di ebanite dapprima attira il cestello ma poi, questo, toc-

cata l'ebanite, viene subito respinto. Non vi è dubbio che l'elettricità dell'ebanite è stata ceduta alla pallina, e che questa viene respinta come facevano le due palline di ebanite quando erano entrambe elettrizzate: infatti, toccando con la mano la pallina di sambuco, questa si *scarica* cioè ritorna allo stato normale è può venire nuovamente attratta e poi respinta.

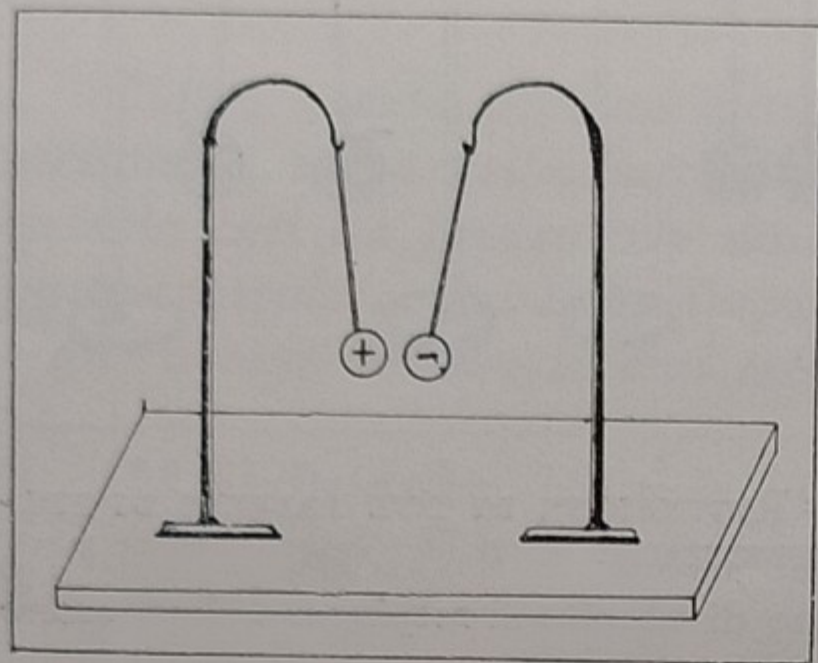



Fig. 187. — ATTRAZIONE DI DUE PALLINE ELETTRIZZATE IN MODO DIVERSO.

La pallina di sinistra è stata elettrizzata dal vetro; quella di destra dall'ebanite.

Ora, anche il bastone di vetro elettrizzato attira prima e respinge poi, la pallina di sambuco che si trova allo stato normale; ma due palline elettrizzate separatamente l'una col bastone di ebanite l'altra con quello di vetro, anzichè respingersi, *si attraggono* (fig. 187).

Qualunque altro corpo strofinato con la lana si elettrizza, talora tenendolo direttamente in mano come accade per i bastoni suddetti, talaltra sostenendolo con un pezzo di ebanite o di vetro ben asciutto o con un filo di lana, o di seta, cioè proprio con uno di quei corpi che si elettrizzano direttamente. Infine, qualunque corpo elettrizzato manifesta sempre in presenza di altri corpi carichi di elettricità o attrazione o repulsione.

143. Natura dell'elettricità. — Si può fin d'ora riassumere e cercare di spiegare queste esperienze e quelle altre numerose che potrebbero essere eseguite per perfezionare le precedenti osservazioni, dicendo che i corpi possono acquistare *due stati elettrici diversi* che si distinguono col nome di stato elettrico *positivo* e stato elettrico *negativo* (1), e che, corpi elettrizzati nello stesso stato si respingono, mentre, corpi elettrizzati in istato diverso, si attraggono.

Vedremo poi perchè tutti i corpi elettrizzati attraggono, prima, e respingono, poi, i corpi leggeri allo stato normale o *neutro;* per ora aggiungeremo che i corpi elettrizzati negativamente hanno sottratto con lo strofinìo al corpo, diremo così, strofinante, degli *elettroni*, e che quelli elettrizzati positivamente ne hanno perduti.

Come dicemmo parlando delle proprietà generali dei corpi, gli elettroni sono particelle tenuissime elettrizzate negativamente contenute in tutti gli atomi, cioè in tutti i corpi. Gli elettroni sono tutti uguali e rappresentano la minima particella di elettricità che possa abbandonare od aggiungersi ad un atomo. Un corpo però è elettrizzato

(1) L'ebanite strofinata con la lana si elettrizza negativamente.

solamente se possiede più o meno elettroni di quello che comporterebbe lo stato neutro.

Se due corpi elettrizzati di segno contrario vengono in contatto, le due elettrizzazioni tendono ad annullarsi perchè gli elettroni passano dal corpo elettrizzato negativamente all'altro, fino a raggiungere quello stato di equilibrio elettrico per cui tra di loro non si manifestano più azioni elettriche.

I corpi elettrizzati si dicono anche carichi di elettricità positiva o negativa. Questa espressione è giusta purchè si ricordi che solamente l'*elettricità negativa* (cioè, un certo numero di elettroni) *può passare da un corpo ad un altro*, e che i termini di elettricità positiva e di elettricità negativa sono convenzionali ed hanno un senso relativo perchè tutti i corpi contengono sempre elettroni.

144. Corpi isolanti e corpi conduttori. — I corpi che, strofinati, mantengono l'elettrizzazione acquistata, si dicono *isolanti* o *coibenti*, perchè in essi gli elettroni non possono muoversi che molto difficilmente. Gli altri che, pur elettrizzandosi, disperdono la carica elettrica acquistata se non sono sostenuti dai primi, si dicono *corpi conduttori dell'elettricità*.

Sono ottimi conduttori i *metalli*; i corpi umidi, sono meno buoni conduttori dei metalli e diremo poi il perchè. Il legno è isolante, solo quando è ben asciutto e stagionato. L'ebanite ed altri prodotti sintetici moderni (galalite, bachelite) sono tra i migliori isolanti artificiali. Ottimi isolanti naturali sono il *quarzo*, la *mica* ed il *vuoto* (fig. 188).

Fig. 188. — Sgabello isolante.

Si può isolare qualunque corpo dal suolo e caricarlo di elettricità, mettendolo sopra uno di questi sgabelli, che hanno i piedi di vetro o di ebanite. (*Off. Galileo*).

Fig. 189. — Un ottimo elettroscopio. (*Off. Galileo*).

145. Elettroscopi. — Volendo studiare altri fenomeni elettrici è necessario usare un

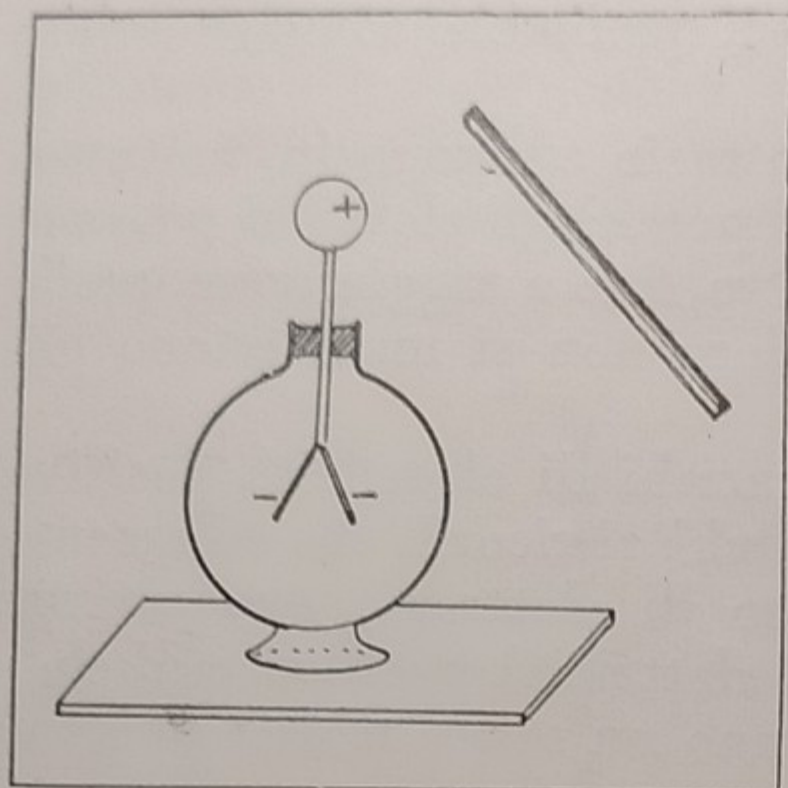



Fig. 190. — INDUZIONE ELETTRICA.

Le foglioline dell'elettroscopio divergono perchè sono elettrizzate: eppure il bastone di ebanite non ha ancora toccato l'elettroscopio!

Un'azione elettrica senza contatto si dice *induzione*.

elettroscopio, cioè uno strumento che riveli facilmente se un corpo è elettrizzato ed in che modo.

Ve ne sono di parecchi tipi. Molto usato, perchè molto sensibile, è quello formato da due sottilissime foglioline d'oro o di alluminio (fig. 189) sospese ad un'asta metallica verticale e molto vicine, che si devono tenere riparate dalle correnti d'aria per evitarne la rottura, e sono racchiuse perciò in scatole di vetro.

L'asta metallica è bene isolata dal suolo e termina all'esterno con una piccola sfera o con un piatto. Basta una debole elettrizzazione come quella ottenuta battendo il piatto con una striscia di lana o di seta, perchè le foglioline si respingano vivacemente e restino a lungo sollevate.

Se l'ambiente è asciutto i buoni elettroscopi conservano la carica anche per parecchi minuti.

Fig. 191. — CONDUTTORE ISOLATO.

Con questo cilindro isolato si mostra molto bene l'elettrizzazione per induzione.

(*Off. Galileo*).

146. Induzione elettrica. — Avviciniamo ora ad un elettroscopio scarico un corpo elettrizzato: le foglioline divergono ancora prima che il corpo elettrizzato venga in contatto coll'elettroscopio (fig. 190).

Questa azione elettrica a distanza si chiama *induzione* e cessa non appena il corpo *induttore* venga allontanato. Con esperienze accurate si trova che le parti di un corpo conduttore isolato più prossime al corpo induttore, si elettrizzano in senso contrario alla carica del corpo induttore, mentre quelle più lontane si elettrizzano nello stesso senso (fig. 191). Spezzando il corpo *indotto* prima che il corpo induttore venga allontanato (fig. 192) le due parti restano stabilmente elettrizzate in modo opposto.

Toccando dunque col dito il piatto dell'elettroscopio prima di

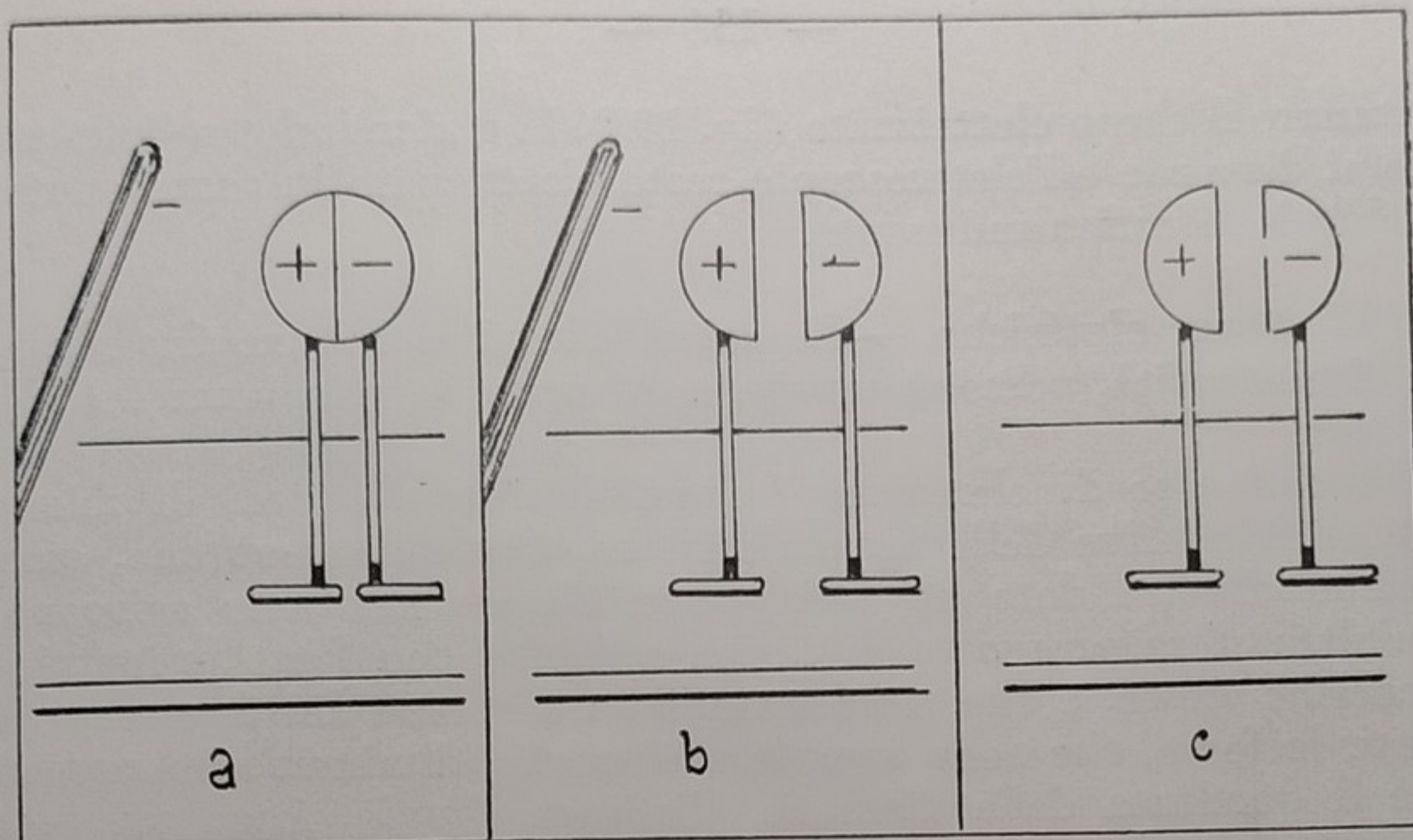



Fig. 192. — Elettrizzazione per induzione.

In *a*, le due parti riunite del conduttore isolato scomponibile si caricano di segno contrario; in *b*, mentre permane l'influenza del corpo conduttore, le due parti sono state separate e così pure le loro cariche. In *c*, allontanato il corpo inducente, le due parti restano cariche di elettricità contraria.

Ciò non avverrebbe se si allontanasse il corpo induttore prima di separare le parti del corpo indotto.

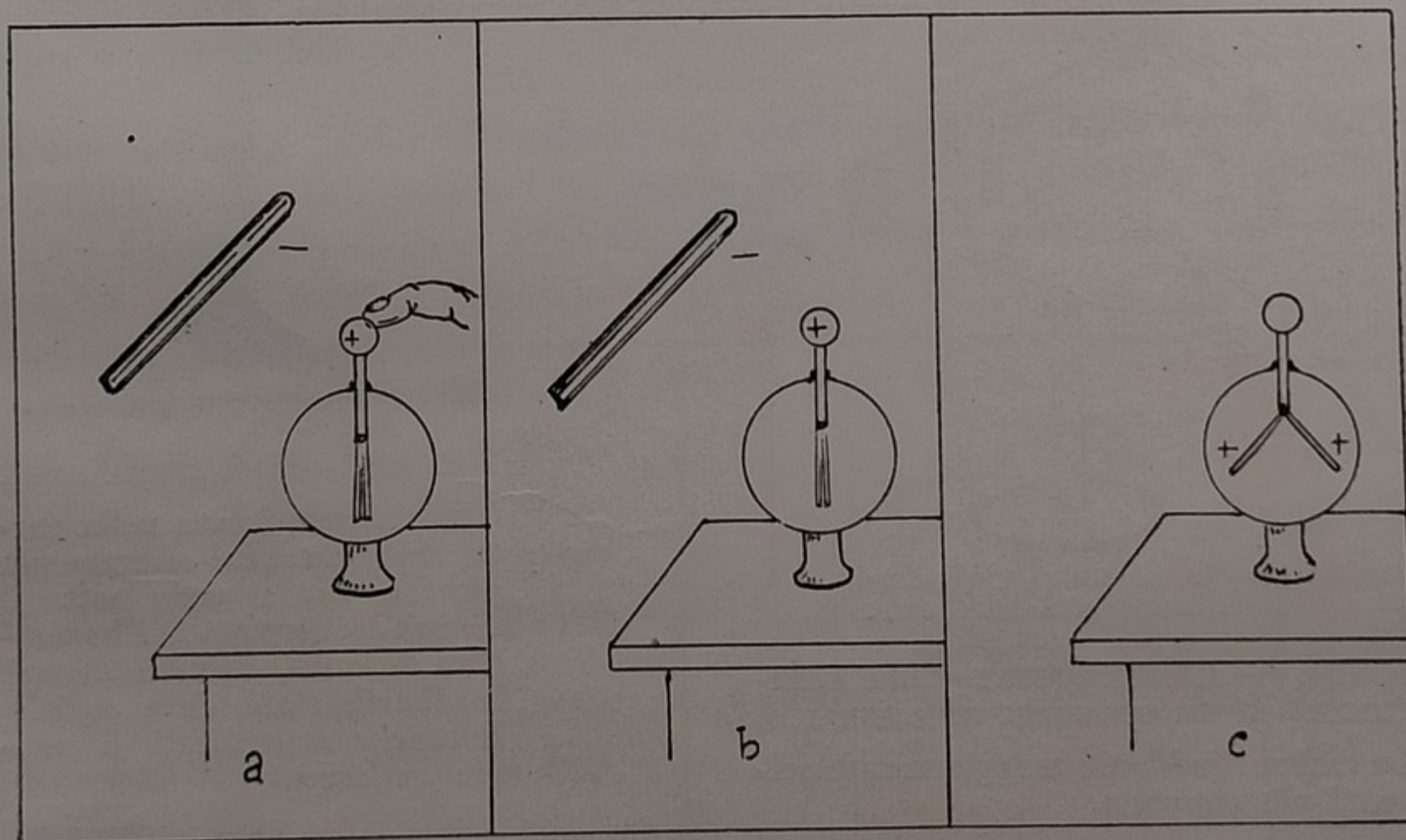



Fig. 193. — Come si può caricare un elettroscopio.

In *a* è stata eliminata col contatto del dito, la carica indotta di segno contrario a quella inducente; in *b* l'elettroscopio non dà segno di elettrizzazione, ma la carica appare in *c*, non appena si allontana il corpo inducente.

allontanare il corpo elettrizzato (fig. 193), la carica indotta dello stesso segno si disperde e l'elettroscopio resta elettrizzato in senso contrario a quello della carica inducente.

147. Forze elettriche. — Le azioni che si esercitano fra corpi carichi di elettricità, possono servire a misurare la grandezza delle cariche stesse.

Facendo uso di elettroscopi sensibilissimi e capaci di misurare le intensità relative delle forze elettriche, *Coulomb* trovò che, cariche elettriche diverse date ad una stessa sfera elettrizzata agiscono su di un'altra sfera provvista di carica costante, con forze proporzionali alle cariche stesse, e che, aumentando la distanza dei due corpi elettrizzati, le forze, che sono sempre reciproche, diminuiscono così come cresce il quadrato della distanza (distanza *doppia*, forza *un quarto*; distanza *tripla*, forza *un nono*, e così via).

Alle forze elettriche è dunque applicabile la stessa legge numerica che vale per le forze di attrazione universale (legge di *Newton*) con le quali le forze elettriche non devono essere confuse, anche se applicate agli stessi corpi.

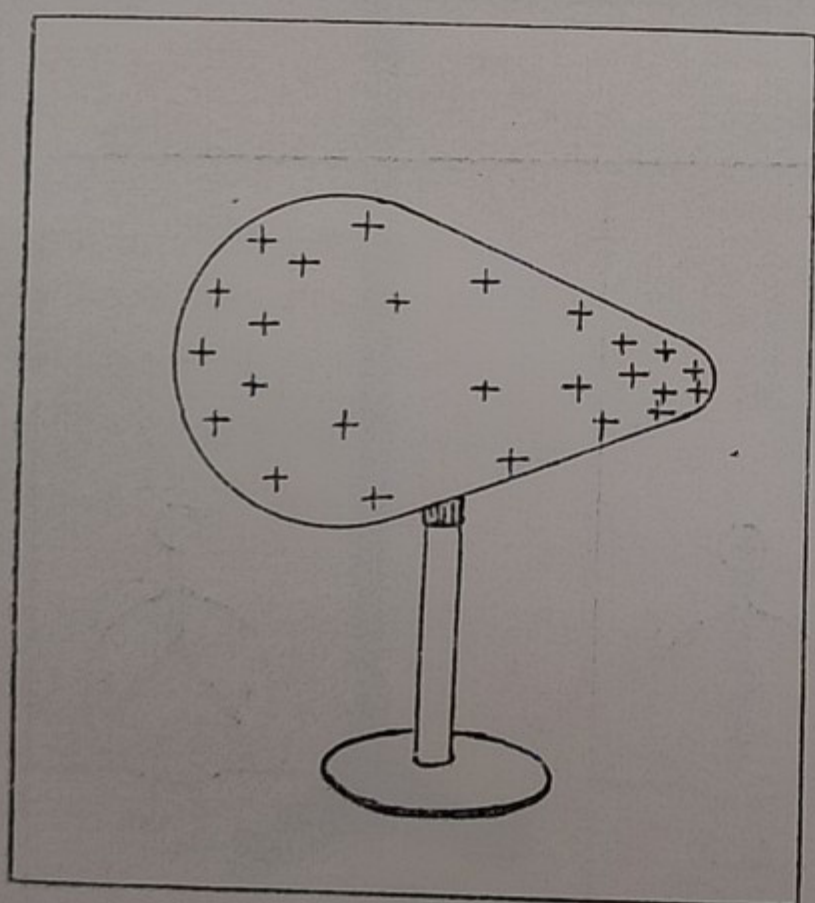



Fig. 194. — Distribuzione dell'elettricità su di un corpo non sferico.
La carica si addensa maggiormente nelle parti più convesse.

Fig. 195. — Una sfera cava.
La sfera è forata nella parte superiore. La sferetta più piccola, che si vede sotto il treppiede, sorretta dal bastoncino di vetro, serve a trovare la distribuzione delle cariche elettriche superficiali di qualunque corpo.
(*Off. Galileo*).

148. Distribuzione dell'elettricità sui corpi conduttori. — Se tocchiamo il piatto dell'elettroscopio con una sferetta metallica scarica ed isolata, questa si carica di elettricità e, allontanando la sfera pos-

siamo asportare una parte della carica situata nella regione del piatto che abbiamo toccato. Infatti la divergenza delle foglioline dell'elettroscopio diminuisce, dopo ogni contatto della sfera isolata.

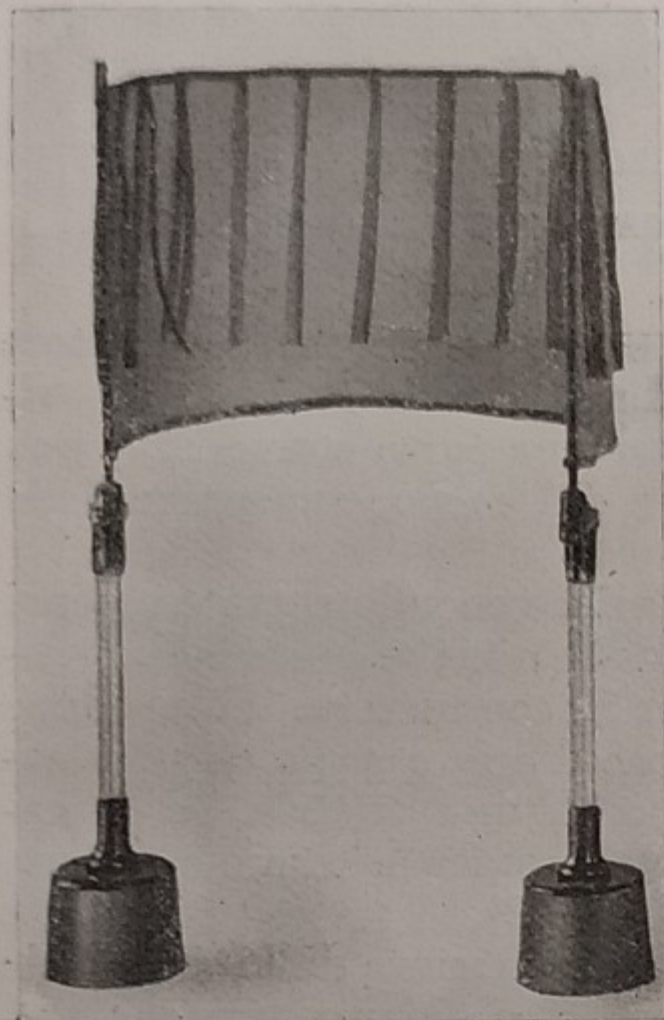



Fig. 196. — Rete metallica elettrizzabile.

Questa rete metallica isolata si può incurvare dalle due parti. Quando è elettrizzata si sollevano solamente i pendolini esterni. (*Off. Galileo*).

Ma se tocchiamo con la stessa sferetta la parte centrale del piatto, la diminuzione di carica è molto minore di quella ottenuta toccando il piatto vicino all'orlo. L'elettricità è dunque più addensata nelle parti sporgenti e più convesse, come mostra la figura 194 in cui la posizione dei segni positivi dà un'idea della distribuzione delle cariche sulle varie parti di un conduttore quasi ovale, cioè della sua densità elettrica superficiale.

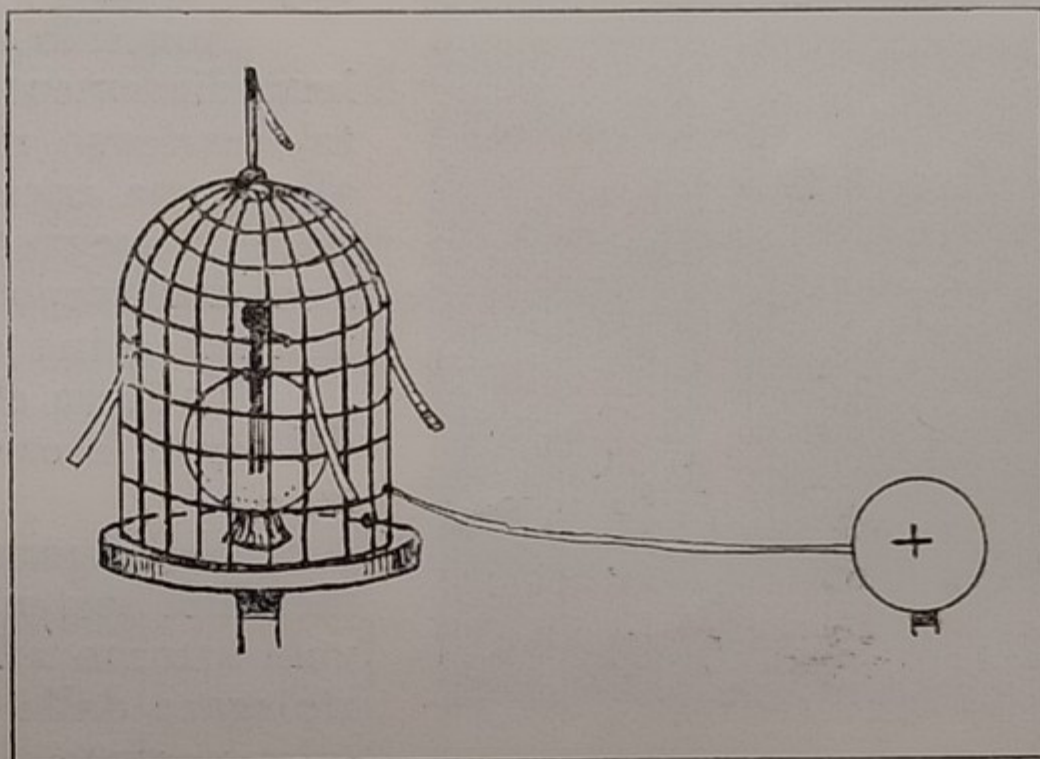



Fig. 197. — La gabbia di Faraday.

Se il corpo è cavo (fig. 195) troviamo, come è naturale, delle cariche elettriche sulla parte esterna, ma nessuna carica si trova sulla superficie concava interna. Questo fenomeno può sembrare strano: l'apparecchio illustrato dalla figura 196 lo presenta perciò sotto un aspetto più convincente.

Molto interessante è anche l'esperienza della *gabbia di Faraday* (fig. 197).

Chiudiamo entro una rete metallica un elettroscopio anche molto sensibile, ed elettrizziamo questa, dopo averla iso-

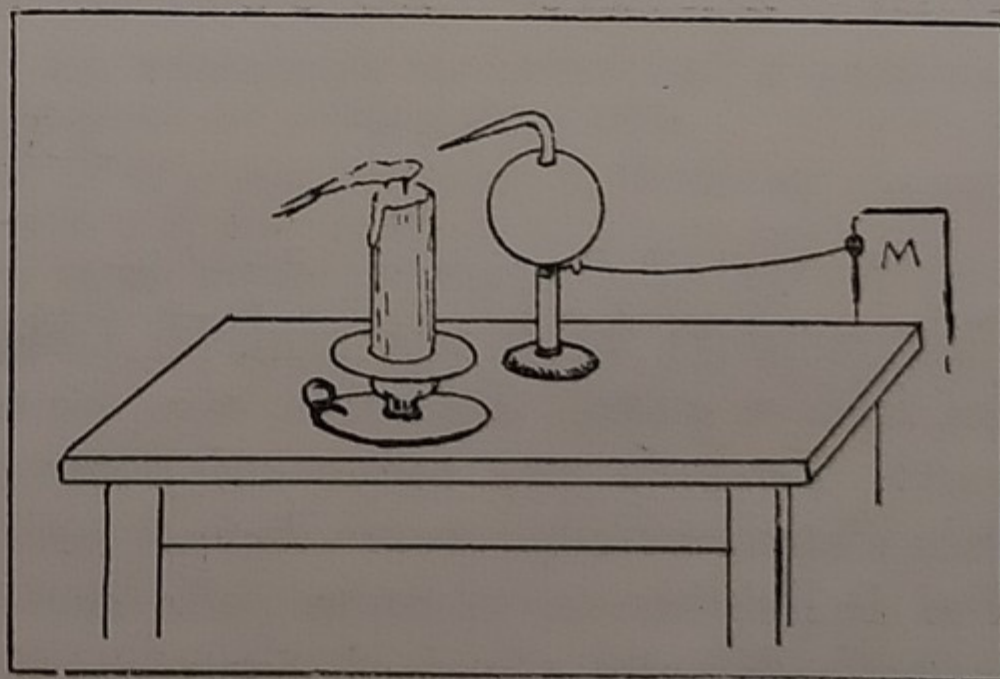



Fig. 198. — Esperienza del soffio elettrico.
M è una macchina elettrostatica che fornisce sempre nuove cariche alla punta elettrizzata.

lata dal suolo, e nel modo più energico, mediante una macchina elettrica, come l'accusano le fogliolíne di carta appese sulla faccia esterna della rete, che funzionano da elettroscopi.

Nessuna elettrizzazione è invece accusata dall'elettroscopio interno, anche se esso è in contatto metallico con la rete: dunque, nell'interno di un corpo conduttore, *non esistono azioni elettriche.*

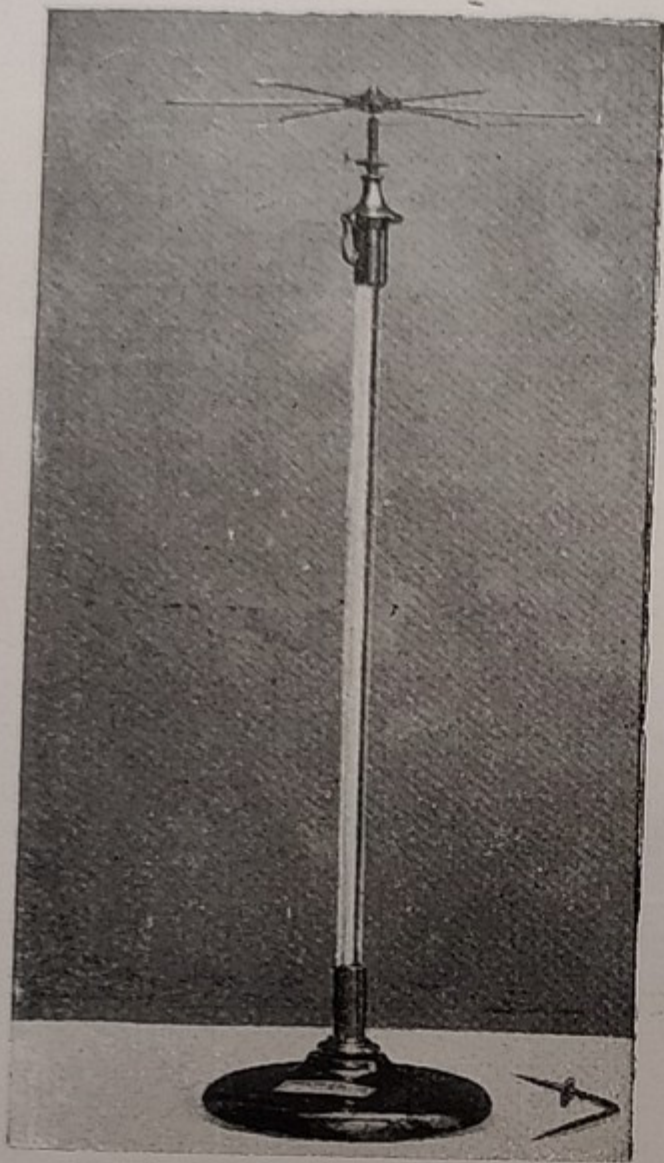



Fig. 199. — ARGANETTO ELETTRICO.

(*Off. Galileo*).

149. Effetti delle punte. — Se un conduttore termina in una punta la densità della carica nella vicinanza della punta (che ha una forte convessità) può essere tale da fare sfuggire dal corpo, una parte della carica stessa.

Infatti le molecole d'aria, venendo attratte, e poi immediatamente respinte dalle cariche poste sulla punta, scaricano rapidamente il conduttore. Si produce allora una energica corrente d'aria o *soffio elettrico* capace di spegnere la fiamma di una candela, se la carica del corpo viene continuamente rinnovata con una macchina elettrica (fig. 198).

La forza che tende ad allontanare dalla superficie del corpo le cariche elettriche, si chiama *tensione elettrica.*

Nell'*arganetto elettrico* le punte di alcuni raggi metallici sostenute da un cilindretto facilmente girevole attorno ad un supporto elettrizzato, sono tutte ripiegate dalla stessa parte in modo che il soffio elettrico uscente da ogni punta produce per reazione una spinta sull'arganetto mobile: questo ruota più o meno velocemente a seconda della sua massa, dell'attrito della punta, e della tensione elettrica applicata (fig. 199).

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XXI.

* *Oggi il Professore, dopo aver spiegato i fenomeni elettrici, mi ha fatto montare su di uno sgabello isolante, che aveva i piedi di ebanite, e mi isolava quindi dal suolo, e mi ha battuto la giacchetta con una pelle di gatto. Tenendo una mano sul pomo dell'elettroscopio questo accusava la mia elettrizzazione: naturalmente non provavo alcuna sensazione speciale. Poi il Professore, montato sullo sgabello, si è elettrizzato battendomi con la pelle di gatto e così ci siamo convinti che ambedue i corpi che si strofinano, si elettrizzano.*

Col bastone di ebanite elettrizzato ha poi fatto rizzare i capelli ad alcuni di noi; avvicinando il bastone alla pelle si sente un lieve soffio.

*** Del resto il nostro corpo contiene sempre degli elettroni liberi perchè è in contatto con la Terra che certo ne contiene, e ciò non ci disturba. Gli uccelli che si posano sui fili delle condutture elettriche ad alta tensione non subiscono alcun danno, almeno finchè toccano un solo filo; invece le scariche elettriche, ci dànno delle particolari sensazioni cioè delle scosse elettriche, specialmente se il nostro corpo serve di veicolo alla scarica. La scossa si sente più o meno bene a seconda della qualità del suolo e delle condizioni di umidità delle nostre calzature, e può essere mortale.*

CAPITOLO III.

Produzione e movimento delle cariche elettriche.

150. Potenziale elettrico. — Se mettiamo in comunicazione metallica due corpi elettrizzati, potrà darsi che degli elettroni passino, da uno dei corpi all'altro. Nel conduttore di collegamento si ha allora un movimento di elettricità, detto *corrente elettrica*, che cessa quando i due corpi hanno raggiunto lo stesso *livello elettrico* o, come si dice, lo stesso *potenziale elettrico*.

Fig. 200. — La differenza di potenziale è analoga alla differenza di livello idraulico.

Solamente se vi è una differenza di livello tra due recipienti, quello a livello superiore si scarica nell'altro.
Solamente se vi è una differenza di potenziale (esprimibile in *volta*) tra un corpo carico ed il suolo, il corpo manifesta la sua carica e questa si scarica al suolo uguagliando il potenziale del corpo a quello del suolo.

Si può dunque anche pensare che la differenza di potenziale elettrico determini il moto degli elettroni, così come la differenza di livello tra due vasi comunicanti provoca la corrente fluida che tende ad uguagliarne i livelli, o così come la differenza di temperatura tra due corpi determina un passaggio di calore dal corpo più caldo al corpo meno caldo.

Questo concetto di potenziale elettrico è stato della massima utilità per il progresso dell'elettricità, ed è bene renderselo familiare (fig. 200).

Si dicono a potenziale minore i corpi che sono più ricchi di elettroni: gli elettroni tendono dunque a portarsi verso i punti che possie-

dono potenziale maggiore. La differenza di potenziale elettrico si esprime in *volta* (1), nome dato all'unità di differenza di potenziale o di tensione elettrica in onore del *Volta*, inventore della pila elettrica.

151. Potenziale della Terra. — Anche il globo terrestre è un corpo conduttore ed ha dunque una propria carica elettrica ed un proprio potenziale, cioè un'attitudine a scambiare elettricità con altri corpi.

Il potenziale della Terra è stato preso come valore *zero* dei potenziali elettrici, così come il livello del mare è stato preso come livello zero delle altezze. Se un corpo si trova a potenziale inferiore a quello della Terra o *negativo* tende a scaricare al suolo un certo numero di elettroni, mentre se è a potenziale maggiore tende ad assorbire dal suolo degli elettroni. Se è in contatto permanente col suolo e non scambia con esso cariche elettriche, si dirà dunque che ha potenziale *zero*.

Per quanti elettroni si tolgano o si diano alla Terra il suo potenziale non muta, proprio come non muta il livello del mare per quanta acqua vi versino i fiumi o per quanta ne evapori per effetto del calore solare, perchè la capacità del mare è enorme.

152. Capacità elettrica. — La maggiore o minore attitudine che ha un corpo conduttore a caricarsi di elettroni si chiama capacità elettrica e si esprime mediante la carica necessaria per elevare di 1 *volta* il suo potenziale. La Terra, che non muta il proprio potenziale ha dunque una capacità elettrica grandissima.

La capacità elettrica di un conduttore non dipende dal suo volume nè dalla qualità del corpo, ma dalla sua superficie e dalla presenza di altri corpi, come ora dimostreremo.

I corpi di grande capacità elettrica si dicono *condensatori elettrici*.

Fig. 201. — Condensatore di Epino.
La scarica che si può accumulare su uno dei dischi è tanto più grande quanto più piccola è la distanza dell'altro disco, che conviene sia collegato col suolo. (*Off. Galileo*).

153. Condensatori elettrici. — Se un disco metallico è in contatto

(1) Internazionalmente si usa anche *volt*.

col suolo ed avviciniamo ad esso un altro disco elettrizzato (fig. 201) la distribuzione dell'elettricità sul secondo disco si modifica secondo le leggi dell'induzione, ed il suo potenziale diminuisce. Possiamo dunque continuare a caricarlo per portarlo al potenziale iniziale.

Il sistema dei due dischi ha dunque una maggiore attitudine a caricarsi di elettricità, cioè ha una capacità elettrica maggiore di quella del secondo disco: si chiama perciò *condensatore elettrico*. La capacità aumenta ancora, se poniamo fra i due dischi una lastra di sostanza isolante.

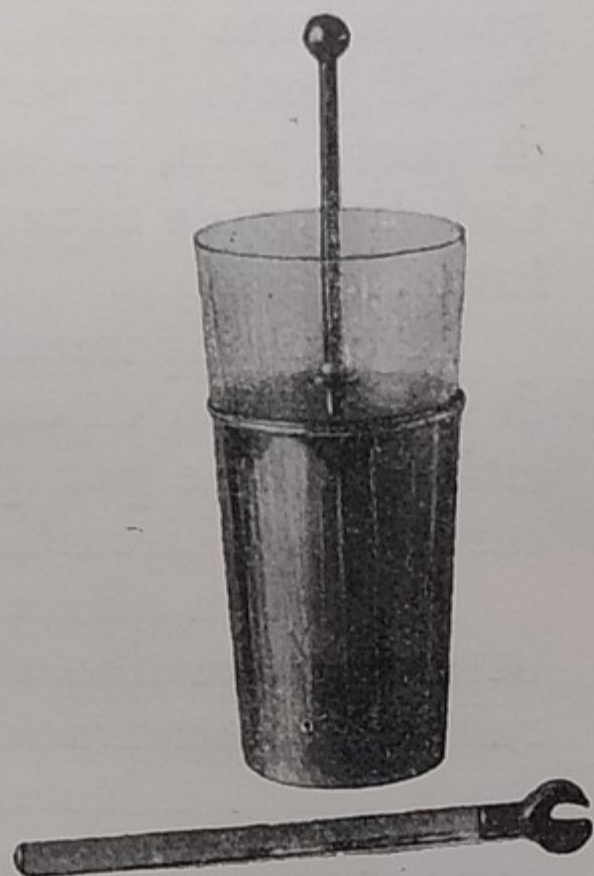



Fig. 202. — Bottiglia di Leyda.

(*Off. Galileo*).

Fig. 203. — Batteria di bottiglie di Leyda.

Le parti interne delle quattro bottiglie uguali sono in comunicazione tra loro e così pure le quattro esterne. La capacità della batteria è quadrupla di quella di un solo elemento. (*Off. Galileo*).

Il tipo classico di condensatore è la *bottiglia di Leyda* (fig. 202) che è formata da un recipiente di vetro, alle due facce del quale sono aderenti due fogli metallici (che non giungono però a toccarsi verso l'orlo); quello interno ha una sporgenza metallica che permette di caricarlo di elettricità dall'esterno.

Afferrando la bottiglia per la parte metallica esterna, questa viene in contatto col suolo come il primo disco dell'esperienza precedentemente citata. Il conduttore metallico interno può dunque assorbire una grande carica elettrica prima di prendere il potenziale del corpo con cui è caricato e che di solito è una macchina elettrica.

Fig. 204. — Schema di un condensatore a fogli di carta.

I tratti grossi e continui rappresentano le parti metalliche. L'isolante è invece tratteggiato obliquamente.

Si ottengono grandi capacità elettriche disponendo più bottiglie di Leyda in *parallelo*, come nella batteria della figura 203. Quando non

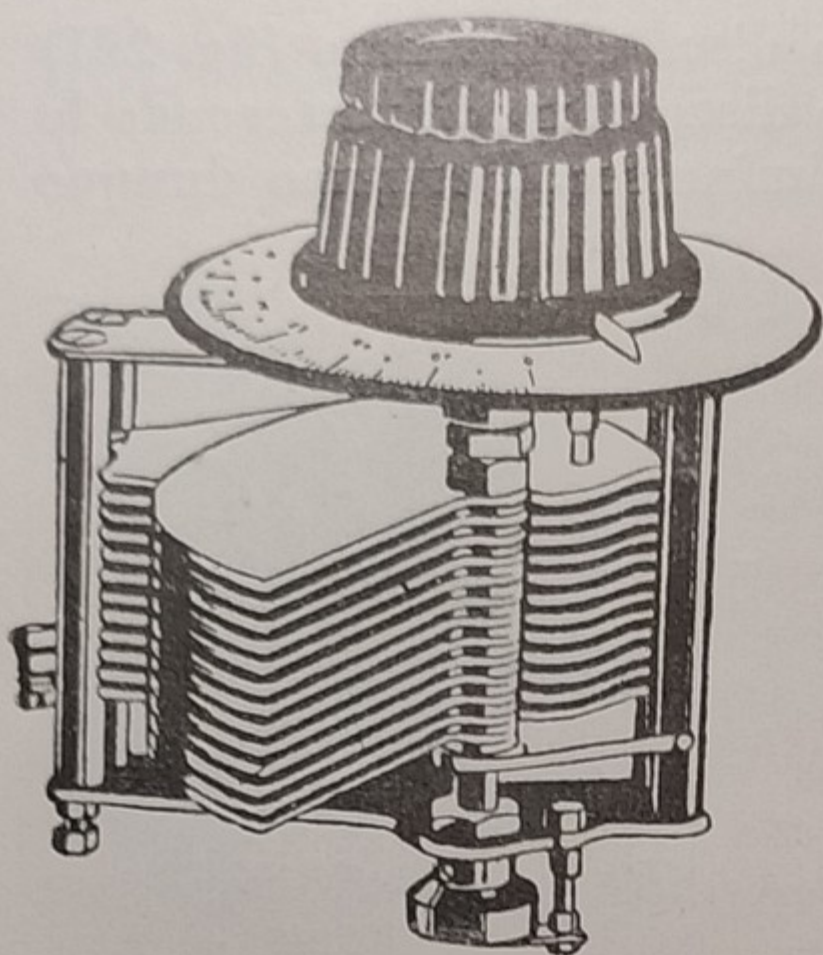



Fig. 205. — Un condensatore variabile per apparecchi radioelettrici.

si devono sopportare forti tensioni elettriche, si possono, invece, sovrapporre dei fogli di stagnola o di alluminio alternandoli con fogli isolanti di carta paraffinata o di mica (fig. 204): riunendo poi da una parte tutti i fogli metallici di posto dispari e dall'altra quelli di posto pari, si ottengono condensatori di grande capacità e di piccolo volume.

Negli apparecchi radiotelegrafici si deve fare uso di condensatori di capacità variabile per poter regolare l'accordo tra i circuiti (fig. 205).

Si tratta allora di piccole capacità, ottenute con due sistemi di lastre parallele, isolati tra loro, capaci di penetrare senza toccarsi l'uno dentro l'altro. La capacità varia proporzionalmente alla parte di superficie comune affacciata.

154. Macchine elettrostatiche. — Servono a produrre cariche elettriche ad un potenziale molto diverso da quello della Terra; le cariche elettriche sono però sempre molto esigue, rispetto a quelle che producono le *pile* elettriche. Queste macchine sono interessanti per il loro valore storico e perchè servono per belle esperienze dimostrative.

Una macchina elettrostatica *a strofinìo* molto antica è quella di *Ramsden* (fig. 206): essa è formata da un disco di vetro che, ruotando tra due cuscinetti di cuoio si elettrizza positivamente. Un sistema di punte metalliche disposte a pettine subito dopo i cuscinetti, nel senso della rotazione del disco, scarica il disco a mano a mano che passa tra le punte, mettendolo in condizione di elettrizzarsi nuovamente. Le cariche raccolte dalle punte, possono accumularsi in uno o più condensatori. Col tempo umido la macchina

Fig. 206. — Macchina tipo Ramsden.

In questo modello i cuscinetti strofinanti stanno sotto l'asse di rotazione del disco. Le punte metalliche che raccolgono le cariche positive del disco, sono disposte sulle parti interne degli anelli e raccolte dalla sfera laterale. Il disco gira in senso contrario a quello dell'orologio. (*Off. Galileo*).

funziona molto male o non funziona affatto.

Il Volta, prima ancora della grande invenzione della pila, aveva costruito una macchina elettrica detta *elettroforo*, che agisce per induzione. Esso consta di un disco di sostanza isolante, facile ad elettrizzarsi negativamente con lo strofinìo (fig. 207), e di un disco metallico munito di manico isolante che si sovrappone al primo una volta che sia stato elettrizzato. Sul disco metallico si formano allora per induzione, due elettrizzazioni di segno contrario che si neutralizzano quando il disco viene sollevato. Ma se, prima di allontanarlo, ne tocchiamo col dito la parte superiore, l'elettricità indotta negativa sfugge al suolo ed il disco, anche dopo che è stato sollevato, resta carico di elettricità positiva.

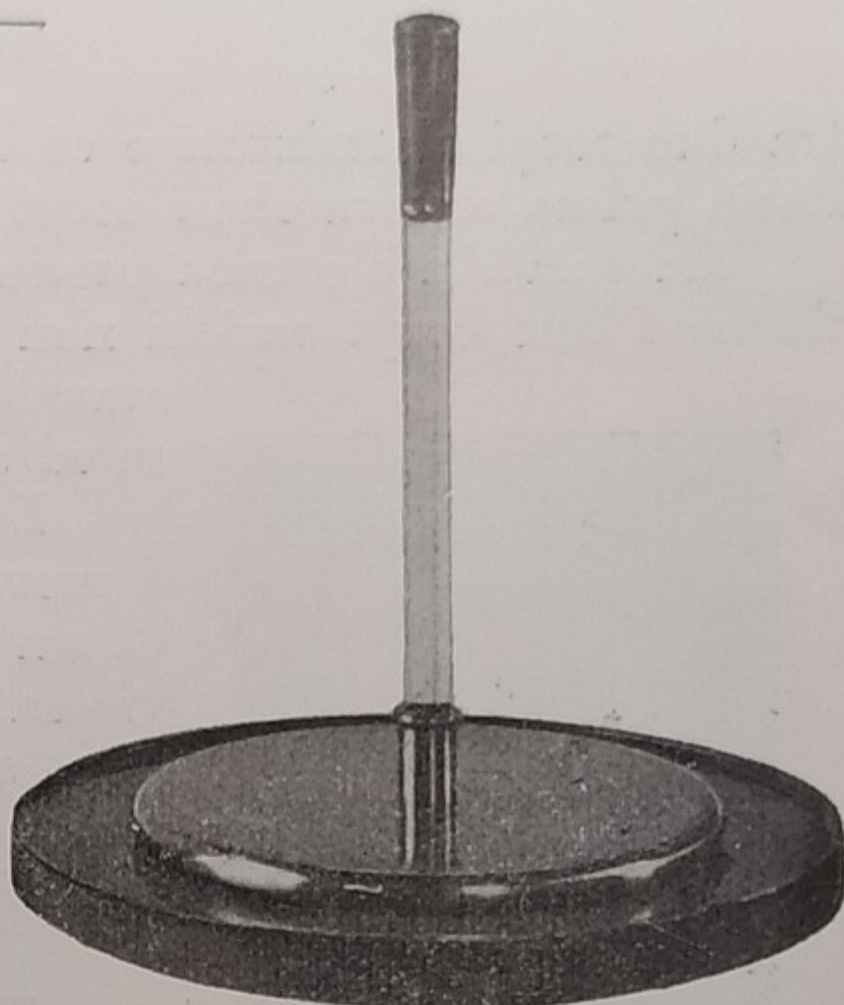



Fig. 207. — Elettroforo di Volta. (*Off. Galileo*).

Questa può essere ceduta ad un condensatore, o scaricato con una bella scintillina dal nostro dito. L'esperienza si può ripetere più volte, senza che il disco isolante esaurisca il suo potere induttore.

Questa macchina è il protòtipo delle macchine ad induzione di cui si fabbricano tipi capaci di produrre scintille di parecchi centimetri di lunghezza (fig. 208).

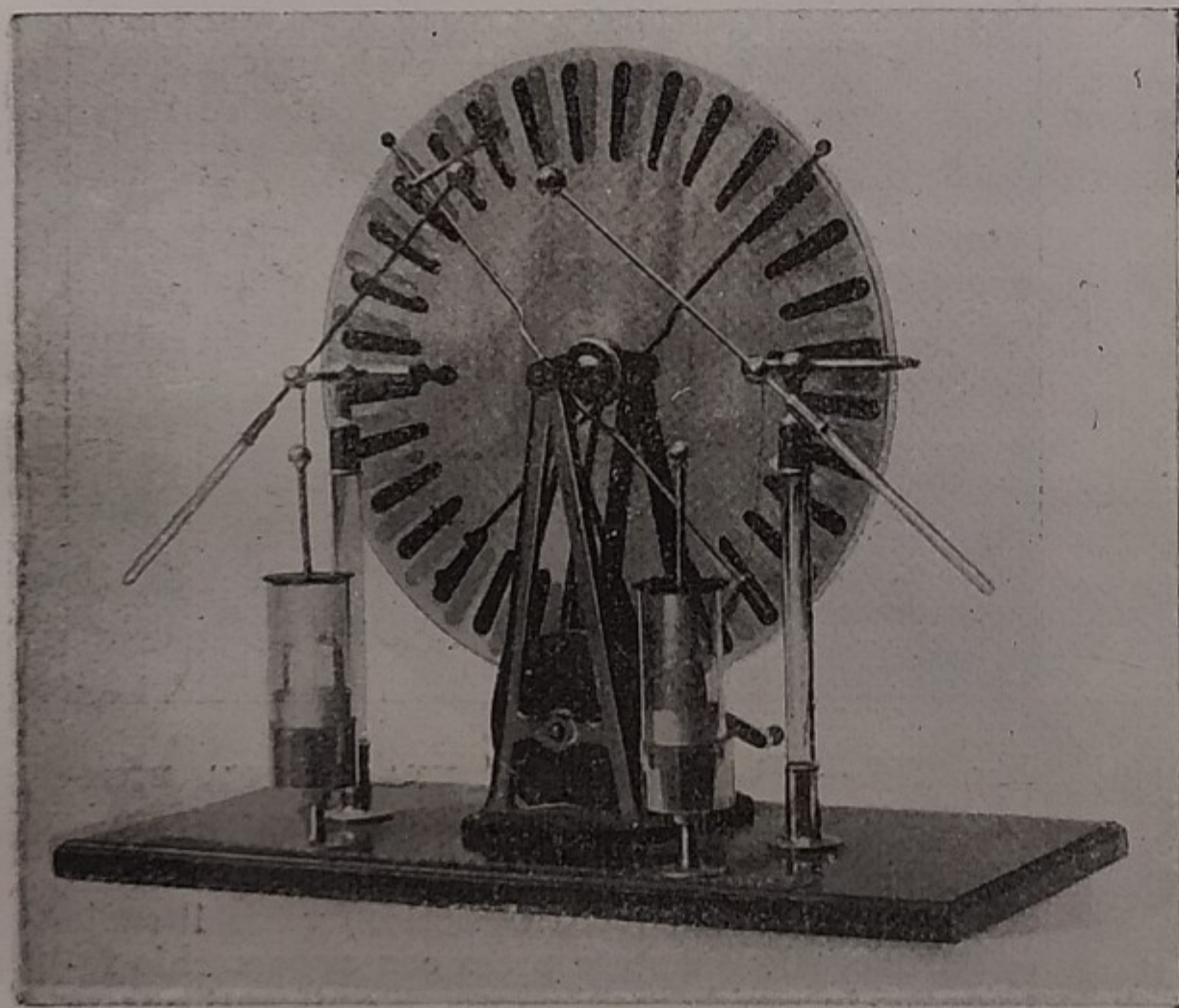



Fig. 208. — Macchina tipo Wimshurst.

In questa macchina vi sono due dischi di vetro o di ebanite che ruotano in senso opposto, e per mezzo di due conduttori diametrali, moltiplicano le cariche indotte sui settori di stagnola.

Due pettini orizzontali raccolgono le due specie di elettricità, condensandole in due bottiglie di Leyda. (*Off. Galileo*).

155. Scariche elettriche. — La scintilla elettrica non è che una scarica violenta, prodotta dalla differenza di potenziale esistente

tra due corpi elettrizzati e così elevata da rompere l'isolamento dell'aria prima ancora che i corpi si tocchino.

La scintilla elettrica produce, effetti *luminosi, calorifici* e *sonori*, finchè i due corpi carichi non hanno uguagliati i loro potenziali ed esaurita la loro energia elettrica nei fenomeni suaccennati (fig. 209).

Fig. 209. — FOTOGRAFIA DI UNA SCARICA ELETTRICA ARTIFICIALE.

La fotografia è stata presa con l'apparecchio fotografico in rapido movimento. Il polo positivo è in alto. (Dal libro *Elettrofisica moderna* di R. W. POHL).

La scarica elettrica può essere pericolosa e mortale se giunge a colpire i centri nervosi di un animale. Produce ad ogni modo delle violente scosse perchè i nervi dell'organo colpito, si eccitano ed i muscoli involontariamente si contraggono bruscamente. Molti altri effetti della scarica li studieremo dopo aver parlato della corrente elettrica. Si può però ben dire fin d'ora, che ciò che noi percepiamo del fenomeno della scarica elettrica nei suoi vari aspetti, non è che una parte molto piccola di ciò che contemporaneamente avviene e che interessa tutte le forme note di energia.

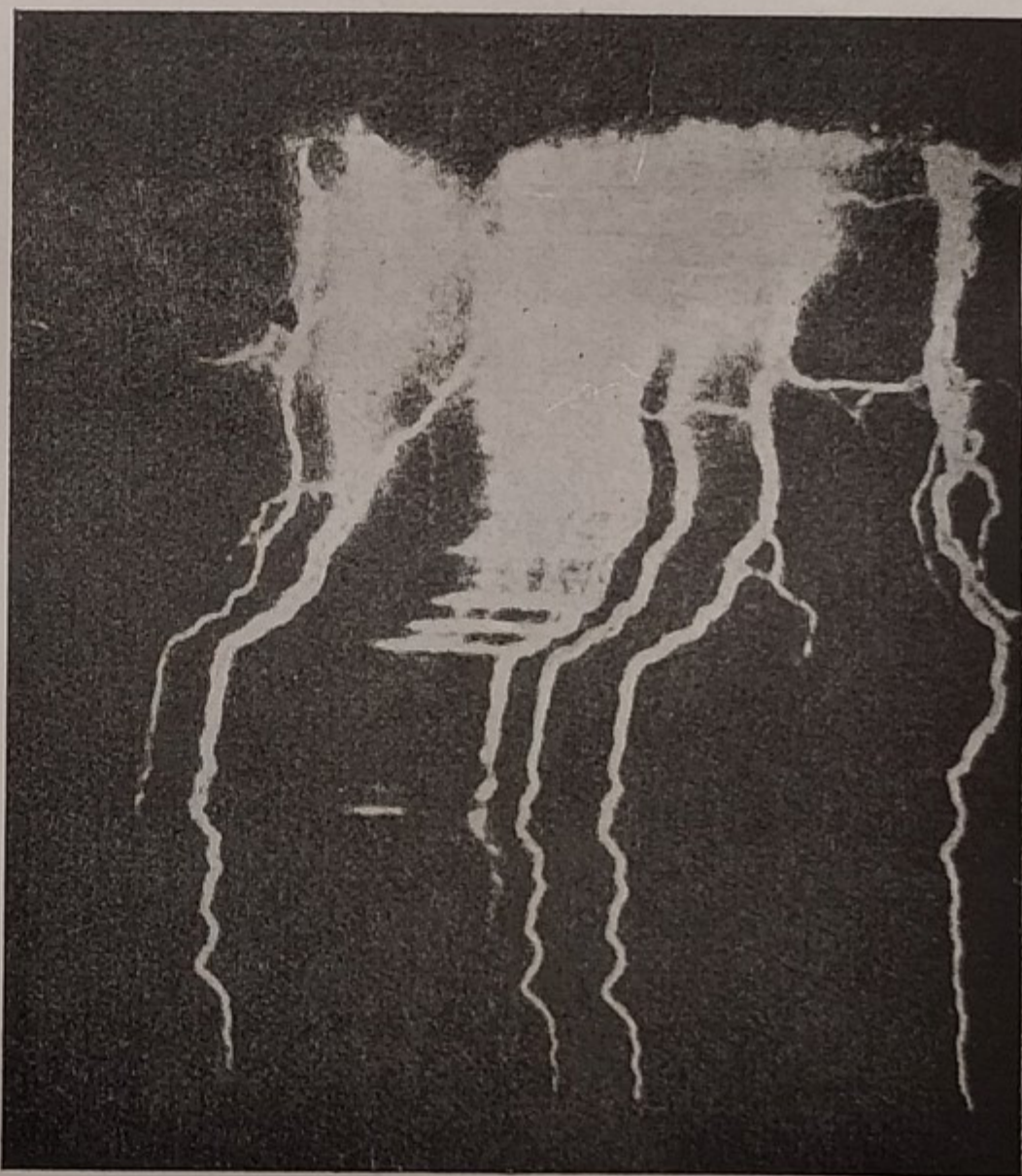



Fig. 210. — FOTOGRAFIA DI UNA SCARICA ELETTRICA ATMOSFERICA.

Anche questa fotografia di un lampo discendente da una nube (elettropositiva) verso il suolo (elettronegativo) è stata presa con apparecchio fotografico in rapido movimento. Si confronti questa figura con quella precedente.

156. Il fulmine, non è che una grandiosa scarica elettrica tra nubi cariche di elettricità o tra una nube carica ed il suolo (fig. 210).

I suoi effetti si possono riprodurre tutti, in piccola scala, nei gabinetti di fisica: ma l'uomo, nelle correnti industriali, sa maneggiare delle enormi quantità di energia elettrica paragonabili a quelle che la natura scarica violentemente nei fulmini.

Le case si proteggono dai fulmini mediante *parafulmini* (fig. 211), cioè grosse aste metalliche in contatto elettrico col suolo umido e provviste di una punta infusibile, sporgenti dalle parti più alte dell'edificio.

Coi parafulmini la scarica non viene evitata, ma, se si produce, viene incanalata al suolo, eliminando le conseguenze più gravi. Il filo scaricatore deve essere il più possibile rettilineo e terminare in una cisterna. La protezione assoluta dal fulmine si ottiene solamente costruendo attorno all'edificio una specie di gabbia metallica, con conduttori disposti lungo il tetto e gli spigoli della casa realizzando così una *gabbia di Faraday*, entro cui è impossibile che avvengano scariche elettriche.

Fig. 211. — I PARAFULMINI.

Ecco un'abitazione ben protetta dal fulmine. Le due prese di terra devono essere mantenute umide.

Trovandosi durante un temporale in una casa di campagna non protetta, conviene stare lontani dai camini, le cui correnti d'aria calda sono fortemente conduttrici ed attirano la scarica: suonare le campane durante un temporale, specialmente se la corda è umida, e non vi è parafulmine sul campanile, equivale ad attirare i fulmini.

Se ci si trova all'aperto, evitare i grossi alberi isolati ed i pagliai; trovandosi su di un carro con l'ombrello aperto mentre il temporale è vicino è prudente distendersi orizzontalmente.

Nelle città, le reti dei fili elettrici e telefonici e le condutture metalliche lungo le case, formano una specie di rete metallica che, se non protegge tutti gli edifici dalle scariche temporalesche, le suddivide in tante scariche parziali e poco pericolose. Ma è meglio stare lontani dai corpi metallici, specialmente se questi non sono in contatto con la terra.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XXII.

** La bottiglia di Leyda fu scoperta nel 1745 nell'Università di quella città; da poco erano state inventate le macchine elettrostatiche a strofinìo e la forte scossa che se ne ritraeva, lasciava credere ai medici del tempo che l'elettricità fosse un farmaco per tutti i mali. Molti bevevano l'acqua elettrizzata, per cura!*

Un assistente di quella Università volle appunto caricare di elettricità, con una catenella che pendeva da una macchina elettrostatica, l'acqua di una bottiglia che egli teneva con una mano.

Si era formato così un condensatore di cui le due armature erano l'acqua e la mano dell'operatore che, naturalmente, era anche in contatto con la Terra. Il vetro della bottiglia era infine l'isolante. Cessata la carica, l'assistente toccò con l'altra mano la catenella e scaricò così attraverso il proprio corpo l'elettricità condensatasi nell'acqua. Ne ricevette una scossa piuttosto violenta e per lui inspiegabile. Ne riferì al Professore, che volle ripetere l'esperienza in migliori condizioni. La scossa da lui provata fu tale che egli giurò non l'avrebbe mai più ripetuta. Ma la bottiglia di Leyda era scoperta e tutto il mondo degli scienziati fu messo a rumore.

** *Il Professore ci ha fatto anche l'esperienza della pistola di Volta: in un tubo d'ottone chiuse una miscela detonante di aria ed idrogeno, mediante un tappo di sughero.*

Attraverso una punta isolata che sporgeva all'esterno, fece scoccare nell'interno del tubo una scintilla elettrica: si produsse una forte esplosione ed il tappo fu lanciato lontano come un proiettile. In questo stesso modo si ottiene l'accensione dei motori a scoppio.

*** *Mentre la macchina elettrica funzionava si sentiva l'odore caratteristico dell'ozono, che si trova anche nell'aria, dopo i violenti temporali estivi accompagnati da fulmini.*

CAPITOLO IV.

La pila elettrica effetti chimici della corrente elettrica.

157. Come fu creata la pila. — *Alessandro Volta* di Como, che si deve ritenere uno dei più grandi scienziati di tutti i tempi, inventò negli ultimi anni del secolo diciottesimo, dopo quasi dodici anni di studio, lo strumento che chiamò *pila elettrica*, capace di fornire una corrente elettrica di una certa durata ma molto più intensa di quella fornita dalle più potenti macchine elettrostatiche.

Il Volta giunse all'invenzione della pila criticando dapprima l'interpretazione che il *Galvani*, anatomico e fisico dell'Università di Bologna, dava di alcuni fenomeni da lui scoperti sull'azione dell'elettricità sulle rane. Egli casualmente aveva trovato che la metà posteriore di

una rana uccisa da poco tempo, anche se staccata dal resto del corpo, aveva delle contrazioni muscolari, quando si toccavano con gli estremi di un filo metallico i nervi delle zampe ed i muscoli (fig. 212).

Fig. 212. — LA RANA DI GALVANI.
Le contrazioni delle zampe di una rana uccisa da poco tempo, si ottengono nel modo migliore se l'archetto metallico è formato di un pezzo di rame e di uno di zinco.

Il Galvani credeva che l'elettricità posseduta dal corpo ancora caldo di vita, si scaricasse attraverso l'arco metallico provocando quelle contrazioni.

Il Volta, ripetute le esperienze, si accorse che le contrazioni avvengono per lo più solamente se l'arco metallico è composto di due metalli diversi fra loro in contatto, e capì che non si trattava di elettricità animale, bensì di elettricità prodottasi nel contatto fra i due metalli.

Provando e riprovando tutte le coppie metalliche che gli fu possibile, e disponendole in vari modi, giunse dapprima ad avvertire con la punta della lingua una debole scarica elettrica; poi il suo genio intravide e realizzò una sorgente d'energia elettrica che la fantasia di nessun uomo non avrebbe potuto mai immaginare.

Fig. 213. — PILA DI VOLTA.
Questa è la prima forma data dal Volta alla sua pila elettrica di molti elementi. (*Off. Galileo*).

158. Come era fatta la prima pila. — Il modello di pila, presentata a Napoleone nel 1800, era formata da una colonna di dischi di rame, di zinco e di feltro imbevuto di acido solforico molto diluito, e alternatamente disposti così: *rame, feltro, zinco;* rame, feltro, zinco e così via (fig. 213). Ogni coppia metallica rame-zinco, separata da un feltro costituisce un elemento della pila.

Ogni elemento produce una differenza di potenziale tra rame e zinco, che si somma con quella prodotta dagli elementi sottostanti rispetto al potenziale del disco inferiore di rame, che può anche trovarsi in con-

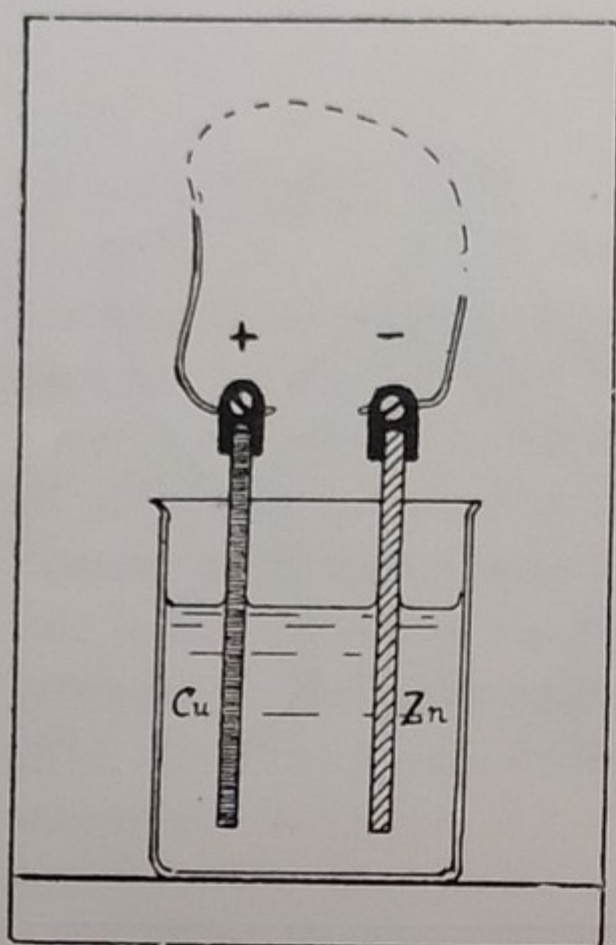



Fig. 214. — Pila a bicchiere.

Una lastra di zinco ed una di rame sono immerse parzialmente in una soluzione di acido solforico. Lo zinco deve essere molto puro e spalmato di mercurio (amalgamato) per evitarne il consumo, quando la pila non viene utilizzata.

tatto col suolo. Il disco di rame rappresenta il polo *positivo*, quello di zinco il *negativo*.

Il Volta asseriva, e la sua asserzione resiste ancora a tutte le critiche a cui ha dato luogo, che la sorgente della forza che muove l'elettricità lungo il filo che riunisce i due dischi estremi, sta nel contatto fra i due metalli differenti. Però l'energia occorrente a riprodurre continuamente questo fenomeno è ottenuta a spese dell'energia chimica della reazione tra acido solforico e zinco.

Basta una pila di 50 o 60 elementi per dare una *scossa elettrica* sensibilissima.

La *pila a colonna* così fatta si esaurisce però presto. Il Volta stesso trasformò ogni elemento in un bicchiere, contenente una soluzione di acido solforico, in cui sono in parte immersi un bastone di rame ed un bastone di zinco (fig. 214).

159. Come funziona una pila. — Con un elettroscopio molto sensibile si può constatare che il rame di una pila, si trova ad un potenziale più elevato dello zinco e che il liquido conduttore, anzichè equilibrare questo dislivello, lo mantiene e lo riproduce continuamente quando la corrente che passa lungo il filo metallico con cui si riuniscono i poli della pila, tende ad annullarlo.

Si forma in questo modo un *circuito elettrico* in cui gli elettroni si muovono ininterrottamente: infatti quelli che, a circuito aperto, si sono accumulati sullo zinco tendono a portarsi sul rame attraverso il circuito

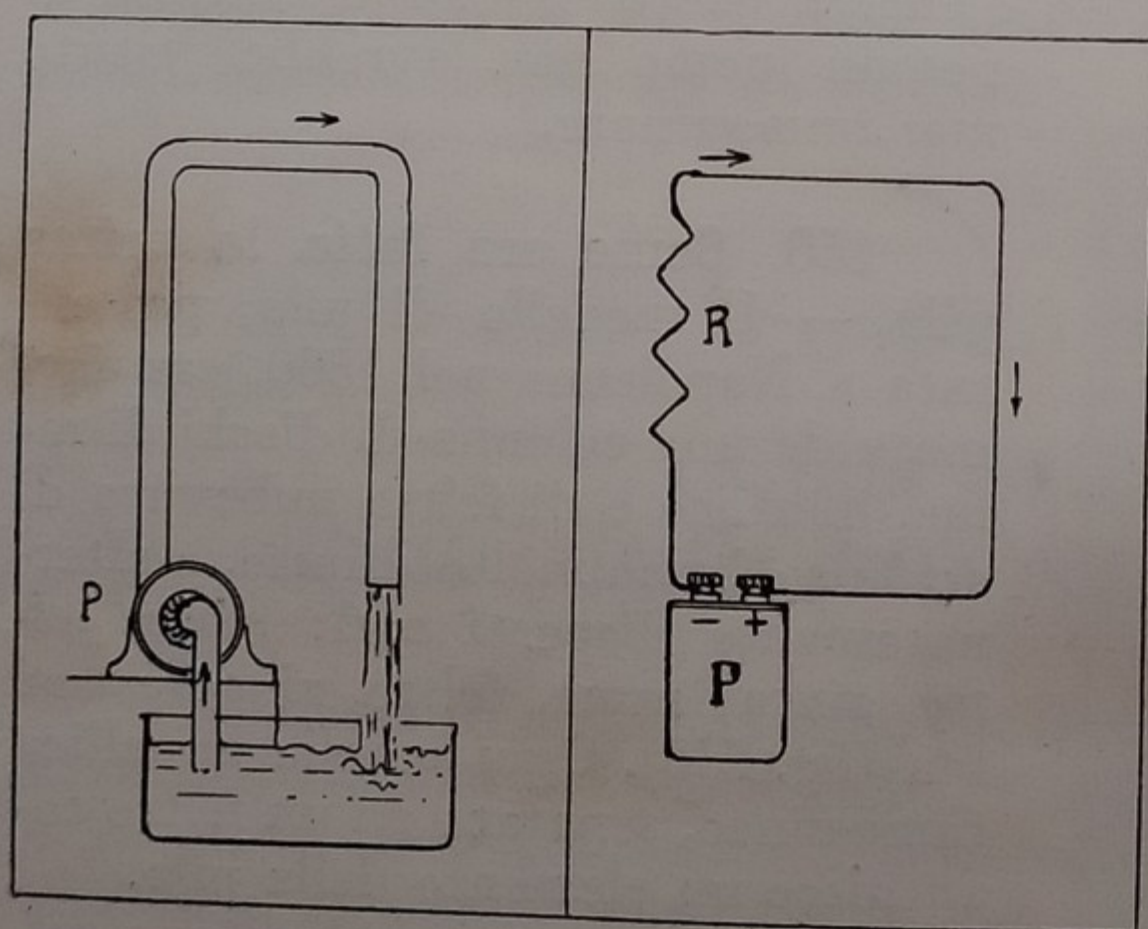



Fig. 215. — La pila è una pompa che muove elettroni.

A sinistra la pompa *P* eleva il livello dell'acqua e questa cade e continua a circolare finchè la pompa funziona. A destra la pila *P* produce un dislivello elettrico tra i due poli e gli elettroni si muovono nel filo *R* finchè la pila non esaurisce la sua energia chimica.

esterno alla pila, quando questo è chiuso; ma le reazioni chimiche sviluppano sempre nuovi elettroni che continuano a circolare finchè vi sono acido disciolto e zinco metallico.

La pila agisce insomma come una pompa automatica (fig. 215) che funzioni non appena si richieda acqua e che si fermi se la conduttura viene chiusa. *La pila pompa elettroni*, sottraendoli al rame ed accumulandoli allo zinco: gli elettroni, finchè la pila lavora, circolano continuamente rientrando nella pila per il rame.

Il *senso positivo della corrente* è però convenzionalmente quello che va dal rame allo zinco nel circuito esterno, cioè quello contrario al moto degli elettroni, che infatti trasportano cariche negative.

Nel liquido della pila non si muovono però solamente degli elettroni, ma *ioni*, cioè particelle materiali elettrizzate, alcune positivamente altre negativamente, il cui movimento permette la continuità delle reazioni chimiche che avvengono nella pila.

La pila di Volta è stata più volte perfezionata, come diremo poi; essa non è utilizzabile industrialmente come sorgente di elettricità perchè il costo dei reagenti chimici che si consumano nelle pile è troppo elevato rispetto al prezzo a cui l'energia elettrica può essere fornita dalle macchine dinamo-elettriche.

Ma la pila è stata per la scienza, lo strumento necessario per scoprire tutte le proprietà della corrente elettrica, le cui applicazioni sono oramai indispensabili alla vita moderna.

Fig. 216. — Schema di un circuito elettrico.

a, pila; *b*, *b*, filo conduttore; *L*, lampada o apparecchio utilizzatore dell'energia elettrica.

160. Caratteristiche dei circuiti elettrici. — In ogni circuito elettrico si distinguono:

a) una *sorgente di elettricità;*

b) un *filo conduttore;*

c) un *apparecchio utilizzatore* (fig. 216).

a) Ogni sorgente di elettricità ed in particolare ogni pila, è caratterizzata dalla sua *forza elettromotrice* (abbreviatamente: f. e. m.) cioè dalla differenza di potenziale che c'è fra i suoi poli prima che si chiuda il circuito. Essa si esprime, come dicemmo, in unità dette *volta*.

b) Il filo conduttore è caratterizzato dall'ostacolo, o *resistenza elettrica*, che la corrente incontra nel percorrerlo e che si esprime come poi impareremo in *ohm*.

c) L'*apparecchio utilizzatore* che deve poter sopportare senza gua-

starsi la differenza di potenziale ad esso applicata, è caratterizzato dalla quantità di energia che consuma ad ogni minuto secondo e che si esprime in *watt*. (Un watt equivale al lavoro di 1/9,8 chilogrammetri per secondo).

161. In tutti i punti di uno stesso circuito passa la stessa corrente. — La corrente in un circuito è caratterizzata oltre che dal senso anche dalla sua intensità cioè, assolutamente, dal numero di elettroni che passano ad ogni secondo per ogni sezione del circuito.

Fig. 217. — Un amperometro. (*Off. Galileo*).

Praticamente, l'unità di intensità di corrente è l'*ampère*. L'ampère è capace di produrre, come spiegheremo, determinati effetti.

La misura dell'intensità di una corrente è molto facile: basta *inserire* nel circuito uno strumento detto *amperometro* (fig. 217) il cui indice segna continuamente il valore della corrente in ampère. Diremo più avanti come funzionano gli amperometri.

162. Relazioni fra le quattro unità elettriche. — Se in un circuito che consuma 1 watt, passa la corrente di 1 ampère, la f. e. m. è di 1 volta e la resistenza del circuito è di 1 ohm.

In generale, qualunque siano cioè i valori delle singole grandezze, si hanno le seguenti relazioni numeriche qui schematizzate:

$$\textbf{watt} = \textbf{volta} \times \textbf{ampère}$$

$$\textbf{ohm} = \frac{\textbf{volta}}{\textbf{ampère}}$$

Conoscendo i valori di due qualunque di queste grandezze è facile ricavare quelli delle altre due.

Poichè con certi apparecchi detti *voltmetri* si riesce a misurare direttamente i *volta* applicati, basta inserire un *reostato*, o regolatore di resistenza, in un circuito, per regolare e governare a nostro piacere la corrente di un circuito e quindi l'energia da esso consumata.

163. Accoppiamento delle pile. — Disponendo di varie pile uguali e volendo alimentare con esse un unico circuito si possono collegare i loro poli secondo due criteri differenti.

Se si collegano il polo positivo di una di esse, col negativo dell'altra, il positivo di questa col negativo di una terza pila, e così via, le pile si dicono disposte in *serie* come mostra la figura schematica 218. In questo modo la f. e. m. totale è la somma delle f. e. m. singole, ma anche la resistenza del circuito è aumentata nello stesso modo. Ciò non disturba se la resistenza propria del circuito è rilevante.

Se invece si collegano tutti i poli positivi fra di loro e così pure tutti i poli negativi (purchè ogni elemento sviluppi la stessa f. e. m.) le pile si dicono disposte in *parallelo* e la f. e. m. complessiva è sempre uguale a quella di una sola pila. La batteria però può produrre una corrente altrettante volte più intensa di quella fornita da un solo elemento, quante sono le pile poste in parallelo.

Fig. 218. — Disposizione di più pile in serie ed in parallelo.

A sinistra: quattro pile in serie. Se ogni elemento ha la f. e. m. di 1,5 volta, fra *A* e *B* vi è la differenza di potenziale di 6 volta.

A destra: gli stessi elementi sono disposti in parallelo e fra *A* e *B* vi è la f. e. m. di 1,5 volta (le polarità convenzionali sono errate, quì a destra).

164. Effetti chimici delle correnti. — I corpi liquidi sono in generale isolanti, cioè non lasciano passare la corrente elettrica. Ma le soluzioni in acqua di certe sostanze che chimicamente si distinguono coi nomi di *acidi, basi* e *sali*, per esempio quella di acido solforico o di sale da cucina, lasciano passare la corrente: contemporaneamente avvengono però sovente dei fenomeni chimici.

Immergendo, per esempio, i capi di un circuito elettrico nella soluzione conduttrice di acido solforico si vedono formarsi all'estremità dei fili conduttori, delle bollicine gassose che salgono alla superficie.

Se si fa uso di un *voltametro* (fig. 219) cioè di un recipiente dal cui fondo sporgano due laminette di platino ed a cui si possono sovrapporre due provette di vetro piene d'acqua, i gas prodotti vengono interamente raccolti.

Il fenomeno si dice *elettrolisi*; i capi del circuito *elettrodi* e precisamente *ànodo* quello positivo, *càtodo* l'altro. Si riconosce allora che all'ànodo si è sviluppato *ossigeno* ed al càtodo *idrogeno* e che quest'ultimo

è in volume doppio dell'altro. Come vedremo studiando la chimica, ciò equivale a dire che in definitiva nel voltametro si è scomposto un certo numero di molecole d'acqua.

Altri *elettroliti* cioè altre soluzioni di sostanze conduttrici dànno spesso luogo a reazioni chimiche complicate. La corrente elettrica però non fa che trasportare le molecole già decomposte o *dissociate* in particelle cariche di elettricità che si trovano nella soluzione e che sono dette, come dicemmo, *ioni*.

Se si elettrolizza un sale d'argento, l'argento, come in generale tutti i metalli, si deposita al *càtodo* e lo ricopre di uno strato tanto più spesso quanto maggiore è la quantità di elettricità che è passata nel voltametro: si può ottenere così l'argentatura di un corpo metallico.

Con l'elettrolisi di sali di rame si ottiene la ramatura; così pure si ricoprono di oro o di nichel oggetti di metalli meno nobili per abbellirli o per preservarli dall'alterazione che subiscono all'aria.

165. — La quantità di sostanza depositata nell'elettrolisi è proporzionale alla quantità di elettricità che ha attraversato la soluzione e dipende dalla qualità dell'elettrolita.

Si sa dunque che ad ogni secondo in un voltametro contenente una soluzione di *nitrato d'argento* la corrente di 1 ampère deposita al càtodo milligrammi 1,118 di argento: si ottiene perciò la determinazione esatta del valore in ampère di una corrente costante che ha percorso per un dato tempo un voltametro, pesando l'argento depositato e dividendo questo peso in grammi per 1,118 e per il numero dei secondi di durata del passaggio della corrente.

Fig. 219. — Voltametro. (*Off. Galileo*).

Anche nelle pile avvengono, come dicemmo, delle reazioni chimiche, ma queste, anzichè prodursi a spese della corrente elettrica, la generano.

Le reazioni avvengono dunque in senso contrario a quello in cui si verificano nei voltametri e cioè, in una pila di Volta, l'idrogeno si sviluppa nel polo positivo (rame), a cui tende ad aderire indebolendo la f. e. m. della pila, mentre al polo negativo il metallo reagisce col solvente e si consuma, come se bruciasse.

Fig. 220. — Pila di Daniell.

A, A, soluzione di solfato di rame. *B, B,* soluzione di acido solforico. Le due soluzioni sono separate dal vaso poroso *V.*

166. Pile depolarizzate. — Il fenomeno ora detto, per cui cioè il rame di una pila di Volta si ricopre di bollicine di idrogeno che ostacolano il passaggio della corrente, è detto *polarizzazione* della pila e ne costituisce un grave inconveniente.

Molti sono i tipi di pile *depolarizzate.* Le più importanti sono:

a) la *Pila di Daniell.* È una pila di Volta in cui l'ànodo si trova immerso in una soluzione di solfato di rame contenuta in un vaso poroso immerso a sua volta nell'acido solforico (fig. 220). L'idrogeno che si sviluppa sul polo positivo viene sciolto dal solfato di rame che deposita *altro rame* sul polo positivo di *rame.* Il polo positivo continua dunque nella sua funzione senza alterarsi, e cresce anzi di spessore. La f. e. m. di una pila di Daniell è di circa 1,08 volta.

Con una disposizione diversa, detta *pila italiana,* in cui è eliminato il vaso poroso, la pila si usa ancora nei telegrafi, quando non si può fare uso di accumulatori.

b) *Pila a sacchetto* o *di Leclanché.* Quando si vogliono pile leggiere maneggiabili senza pericolo ma ci si contenta di deboli correnti, servono le pile sistema Leclanché (fig. 221). Nelle pile tascabili per lampadine elettriche da 4 volt, tre di queste pile sono riunite in serie. La loro f. e. m. è in media di volt 1,4 per elemento. In esse lo zinco costituisce il recipiente esterno; l'eccitazione è data non da un acido liquido, ma da una pasta umida contenente cloruro d'ammonio. Il polo positivo è un bastoncino di carbone di storta (carbone duro, sonoro e conduttore dell'elettricità che si produce nei recipienti di distillazione del carbon fossile per la fabbricazione del gas illuminante) circondato da un impasto di polvere di carbone e di biossido di manganese, che assorbe e scioglie l'idrogeno e l'ammoniaca che si formano. La pila tende a polarizzarsi, ma, lasciata in riposo, si rigenera. Bisogna dunque usarla ad intermittenza ed interrompere il consumo di corrente quando le lampadine da 4 volt si arrossano.

Fig. 221. — Pila di Leclanché. (*Off. Galileo*).

Tutte le pile costrette a sviluppare una corrente troppo intensa si logorano anzi tempo, come un organismo od una macchina sottoposti ad uno sforzo sproporzionato.

Le pile a sacchetto, se sono di buona qualità, possono conservarsi per parecchi mesi senza alterarsi.

167. Accumulatori. — Gli *accumulatori,* come dice il loro nome, sono capaci di accumulare energia elettrica, sotto forma di reazioni chimiche.

Essi consumano energia elettrica quando vengono caricati e la rigenerano nella scarica. I più comuni constano di un recipiente contenente una

soluzione di acido solforico purissimo in acqua distillata, di densità accuratamente determinata, in cui sono immerse due lastre o due sistemi di lastre di piombo: le *positive* e le *negative* (fig. 222).

Le lastre positive sono ricoperte di una pasta rosso-bruna di ossido di piombo che nella scarica assorbe l'idrogeno; le negative, fabbricate in vari modi, hanno una superficie molto estesa e spugnosa per facilitare la soluzione del piombo durante la scarica.

Fig. 222. — Un accumulatore a lastre di piombo.

Un accumulatore a piombo ben carico ha la f. e. m. di circa 2 volt.

La corrente di carica dev'essere ben dosata; quella di scarica non deve sorpassare il valore indicato sull'accumulatore, per non rovinarlo.

La capacità si esprime in *ampere-ora*, cioè col numero di ore per cui l'accumulatore può fornire la corrente di 1 ampere.

Gli accumulatori richiedono molta sorveglianza ed hanno il difetto di essere troppo pesanti. Ma spesso non se ne può fare a meno, come per l'illuminazione dei veicoli automobili o quando si vogliono ottenere correnti molto intense, dove manca un impianto elettrico. Il problema dell'accumulatore leggero, capace di muovere un veicolo rapido e dotato di grande autonomia, non è ancora risolto.

DAL " DIARIO " DI GUGLIELMO.

XXIII.

** La pila di Volta è una grande fiaccola che illumina e illuminerà per tutti i secoli la vita dell'umanità. La natura suggerì all'uomo il modo di utilizzare e sviluppare forze meccaniche: ma nessun organismo e nessun fenomeno naturale attua in sè il principio della pila!*

La grandezza della scoperta di Alessandro Volta sta anche nella sua immaturità; forse molto tempo ancora sarebbe trascorso prima che altri inventasse la pila, nè forse la pila sarebbe stata ancora creata.

Prima del Volta, nessun fatto noto lasciava intravedere la possibilità di trarre energia elettrica dall'energia chimica.

*** Ho acquistato una pila tascabile ed una lampadina ed ho combinato diversi circuiti con pochi pezzi di filo di rame. Una tenaglietta, un cacciavite, un vecchio interruttore della luce: ecco il principio di un laboratorio di elettrotecnica, che, a dire la verità, è stata sempre la mia passione. Oramai quando c'è qualche piccolo guasto nell'impianto elettrico di casa, mia madre ricorre a me, e mi ricompensa quasi come se fossi l'elettricista. So cambiare una valvola e montare un interruttore senza prendere scosse o fulminare le altre valvole.*

Ma ora vi dirò un segreto nell'orecchio: coi miei guadagni, spero di arrivare ad acquistare un po' alla volta i pezzi di una piccola «radio»!

Lo zio mi ha promesso la cuffia telefonica, il babbo la valvola termoionica: al resto penserò io!

CAPITOLO V.

Effetti magnetici della corrente.

168. La corrente elettrica genera un campo magnetico. — Magnetismo ed elettricità sono due fatti ben distinti: si è detto anzi in che cosa differiscono. Ma ora vedremo che la corrente elettrica è capace di produrre azioni magnetiche.

Disponendo di una corrente molto intensa (almeno 15 ampère) si può farle attraversare un cartoncino od una lastra di vetro orizzontali, su sui si getta della limatura di ferro, come nell'esperienza degli spettri magnetici (fig. 223). La limatura, si dispone allora secondo linee di forza circolari, in cui non si scorge nè principio nè fine.

Ma l'esperienza più istruttiva è quella di *Oersted*, in cui si dispone il filo conduttore di una corrente, sopra un ago ma-

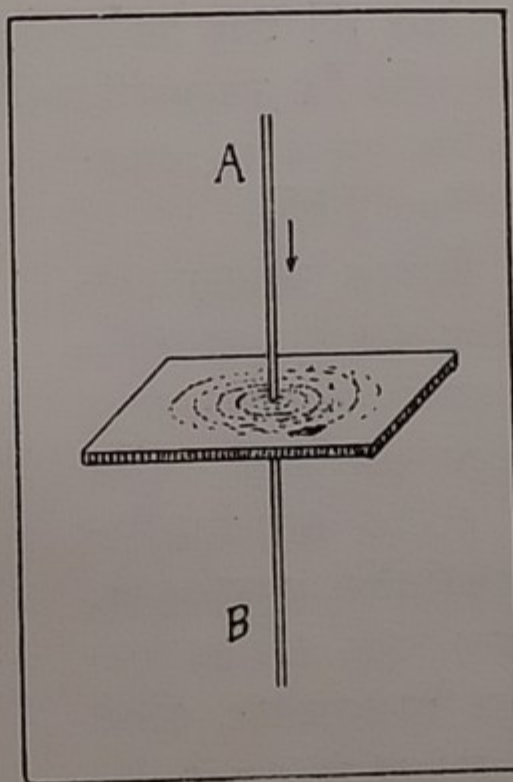



Fig. 223. — EFFETTO MAGNETICO DELLA CORRENTE ELETTRICA.

La corrente entra dall'alto: da questa parte le linee di forza magnetica sembrano circolare nel senso dell'orologio.

Il polo nord del piccolo ago posto sul cartoncino, è dunque quello bianco che ha la punta alla vostra sinistra.

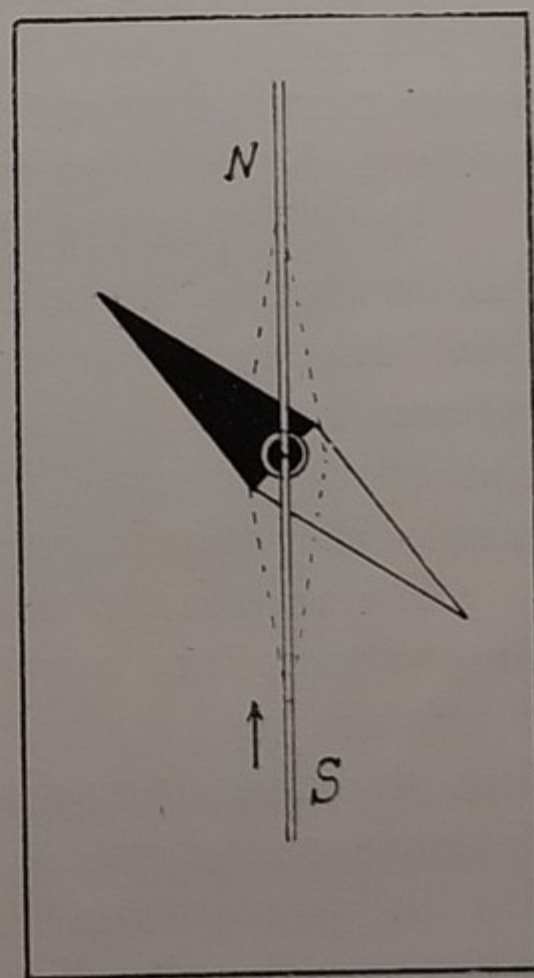



Fig. 224. — ESPERIENZA DI OERSTED.

Il filo passa sopra l'ago quando questo sta nella posizione di riposo. L'angolo formato dall'ago aumenta con l'intensità della corrente.

gnetico nella direzione nord-sud. Il polo nord dell'ago devia da una certa parte del filo e precisamente alla sinistra di chi guarda l'ago, trovandosi a sud di esso se la corrente proviene dal sud, ed alla destra se la corrente proviene dal *nord* (fig. 224).

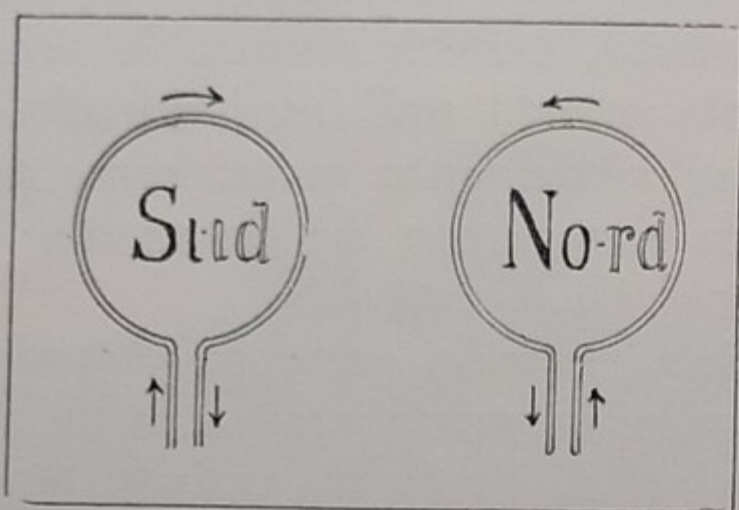



Fig. 225. — REGOLA DEL NORD E DEL SUD.

Rispondete a questa domanda: « La corrente circola nella spira nel senso dell'orologio? ».

È molto più facile ricordare quest'altra regola. Se il filo avvolge l'ago formando una *spira*, come mostra la figura 225, e l'ago si trova nel piano della spira, il passaggio della corrente devia il polo nord dell'ago, da quella parte della spira da cui la corrente è vista circolare in senso contrario alle lancette dell'orologio. Dunque, per riconoscere se una spira genera una polarità magnetica *nord* od una polarità magnetica *sud* basta domandarsi: « La corrente elettrica, ha nella spira il senso di rotazione dell'orologio? ». Se la risposta è « *sì* », il polo magnetico è sud; se la risposta è « *no* », il polo magnetico è nord.

La regola vale anche per un elemento di circuito.

169. Campo magnetico di un solenoide. — Un circuito formato da più spire avvolte secondo la superficie di un cilindro e quindi percorse parallelamente dalla stessa corrente è detto *solenoide* (fig. 226).

Ogni spira ha due facce magnetiche contrarie la cui azione viene annullata da quella di due spire contigue; restano agenti le due facce esterne delle due spire estreme, che sono evidentemente di polarità magnetiche opposte.

Un solenoide si comporta all'esterno esattamente come un magnete cioè si orienta nel campo terrestre se è libero di muoversi, genera linee di forza disposte come quelle di un magnete e che lo percorrono anche nell'interno nel senso longitudinale, e devia od attrae altri magneti od altri solenoidi (fig. 227).

Fig. 226. — MODELLO DI SOLENOIDE.

Nell'interno del solenoide le linee di forza magnetica sono quasi parallele e vanno dal polo Sud al polo Nord. All'esterno si comportano come se il solenoide fosse un magnete.

Tali effetti si dicono *elettrodinamici*. Un'altra conseguenza importantissima del campo magnetico delle correnti è

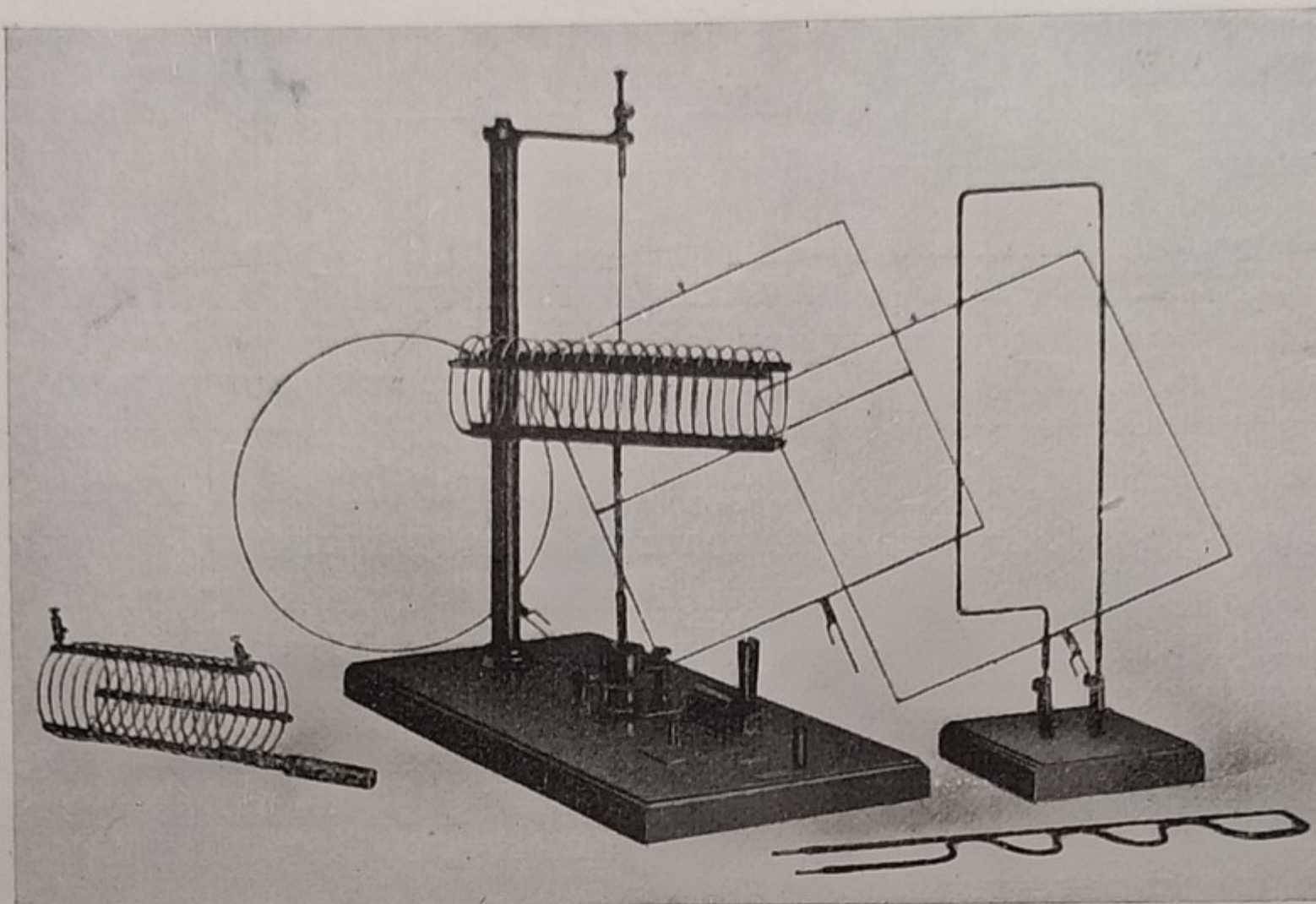



Fig. 227. — Esperienze con i solenoidi.

In questo strumentario, detto «banco di Ampère», si hanno dei solenoidi e dei circuiti, fissi e mobili, di varie forme per dimostrare le diverse azioni elettrodinamiche fra i circuiti e fra questi ed i magneti. (*Off. Galileo*).

Fig. 228. — Un rocchetto di elettrocalamita.

Si tratta di un solenoide formato da molte spire dello stesso filo, fra di loro isolate ed avvolte su di un cilindro di legno forato. Nel foro si può introdurre un cilindro di ferro che si magnetizza intensamente. (*Off. Galileo*).

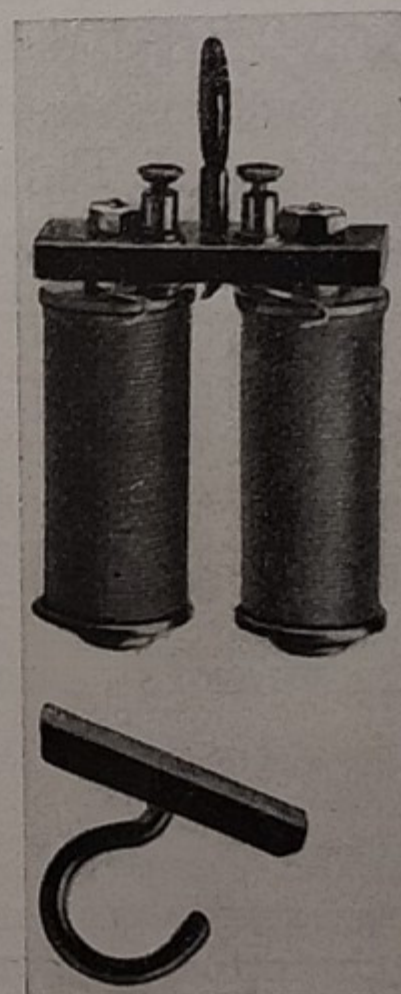



Fig. 229. — Elettrocalamita a due poli vicini.

L'àncora di ferro col gancio e attratta fortemente quando una corrente circola nei due rocchetti dell'elettrocalamita. (*Off. Galileo*).

che due correnti parallele si attirano se vanno nello stesso senso, e si respingono se vanno in senso contrario.

170. Elettrocalamite e loro applicazioni. — È dunque possibile produrre delle azioni meccaniche mediante la corrente elettrica. E poichè le correnti percorrono rapidamente i circuiti elettrici, è possibile anche provocare a distanza e quasi istantaneamente un movimento preordinato e quindi interromperlo e ripeterlo. Queste applicazioni *elettromagnetiche* dell'elettricità sono oggi molto comuni e facili a spiegarsi, ma hanno destato l'incredulità e la meraviglia dei vostri bisnonni.

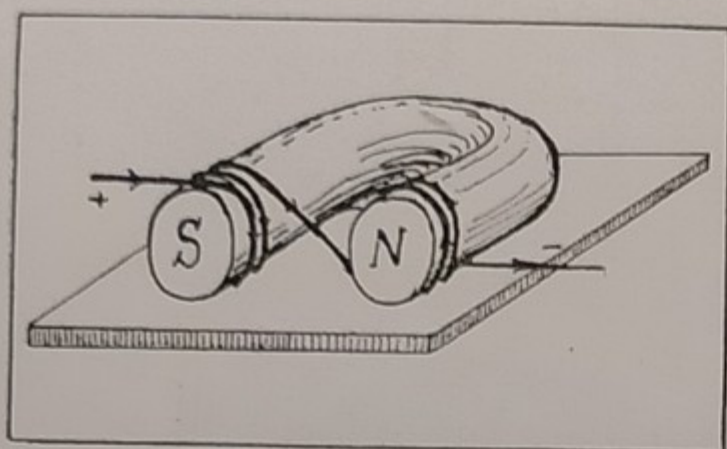



Fig. 230. — Come è avvolto il filo attorno ai poli di un'elettrocalamita.

La figura schematica mostra chiaramente come si deve avvolgere il filo nei due rocchetti per ottenere due polarità magnetiche opposte.

Le azioni elettrodinamiche vengono grandemente intensificate avvolgendo il filo di rame isolato, cioè avvolto da una guaina di fili di cotone, di seta o di gomma, attorno ad un nucleo di ferro dolce (fig. 228).

Questo si magnetizza finchè passa la corrente e ritorna allo stato normale quando la corrente cessa. Se il nucleo è piegato a ferro di cavallo, (fig. 229) ed il filo è avvolto come mostra la figura 230, cioè in modo da formare due poli magnetici diversi, l'attrazione magnetica su di un pezzo di ferro dolce (detto, di solito, *àncora*), può essere capace di produrre forze rilevanti anche con correnti di pochi ampère. Si ha così una *elettrocalamita* la cui azione cessa istantaneamente quando cessa la corrente.

Fig. 231. — Schema del funzionamento di un campanello elettrico.

B, bottone di chiamata che chiude il circuito della pila *P*. Il martelletto *M* ruota attorno al perno *A*, staccandosi dalla punta *C* che porta la corrente, quando l'armatura *D* viene attratta dall'elettrocalamita.

171. Nel *campanello elettrico* (fig. 231), premendo un bottone che mette in contatto due lamine metalliche, si chiude il circuito di una pila. La corrente percorrendo una piccola elettrocalamita, attrae un pezzo di ferro dolce a cui è attaccato un martelletto, che batte contro un campanello.

Il martelletto resterebbe attaccato alla campana se la corrente non venisse automaticamente interrotta dal moto dell'àncora, ed una molla non riportasse indietro l'àncora stessa fino a ritoccare la punta per cui deve passare la corrente elettrica. Ma

Fig. 232. — Un apparecchio telegrafico ricevente sistema Morse.
(*Off. Galileo*).

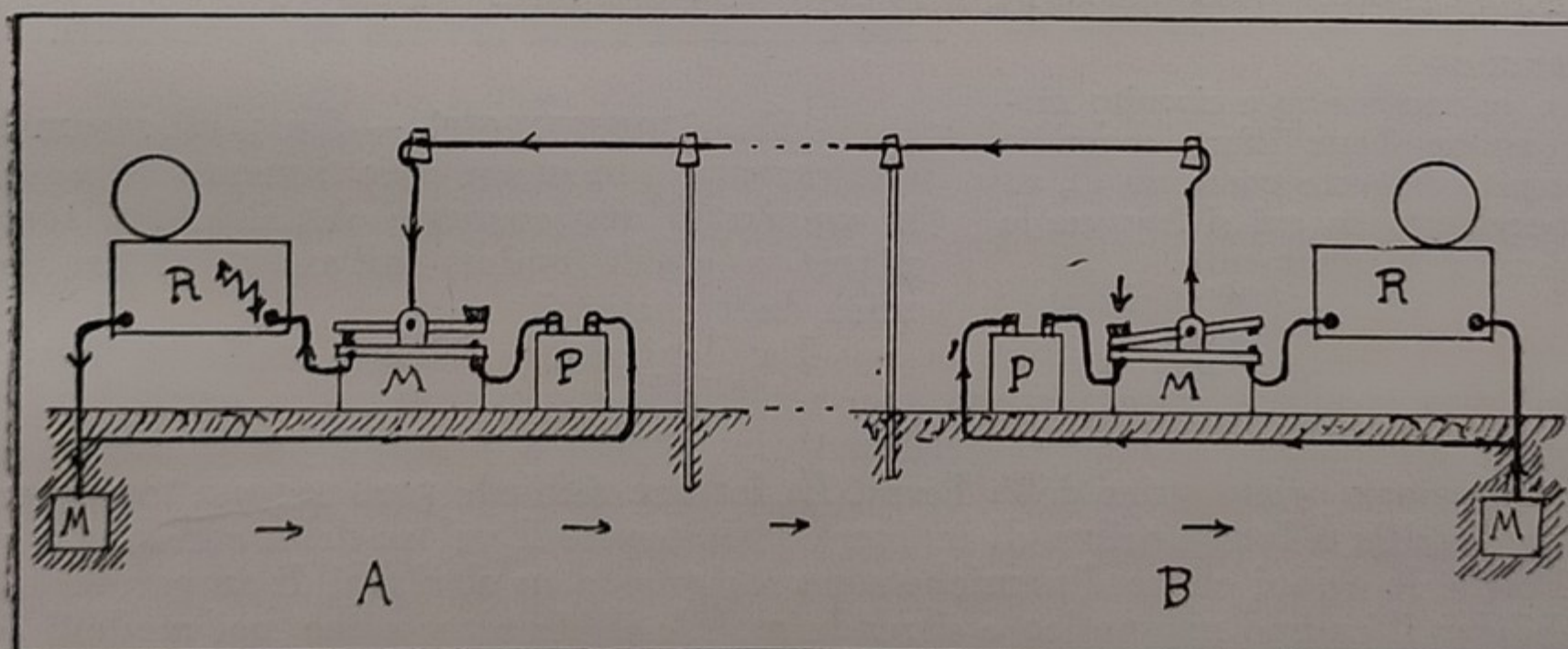



Fig. 233. — Schema del telegrafo Morse.

Il manipolatore *M* della stazione *B* è abbassato e lancia nella linea la corrente della propria pila. La corrente fa agire l'apparato ricevente *R*, della stazione *A*.
Invece l'apparato ricevente di *B* non funziona; ma le cose si invertono se si abbassa il tasto della stazione *A*.

allora il movimento iniziale ricomincia (e tutto ciò accade in una frazione di secondo), ed il martelletto continua a battere finchè il bottone resta premuto.

Nel *telegrafo Morse* (fig. 232) l'elettrocalamita fa sollevare una punta, che lascia un segno su di una striscia di carta (*zona*) trascinata con moto uniforme da un meccanismo di orologeria. La corrente è inviata nell'apparecchio ricevente abbassando un tasto apposito (*manipolatore*), situato anche a parecchi chilometri di distanza. Il circuito è formato da un solo filo isolato, e dal suolo con cui gli apparecchi sono in contatto (fig. 233). Se la corrente dura un istante il segno tracciato sulla zona è un punto; una corrente più lunga traccia invece una linea. La combinazione dei punti e delle linee secondo un alfabeto convenzionale, permette la trasmissione di qualunque scritto.

Un bravo telegrafista riesce a trasmettere più di cento lettere al minuto e ad intendere ad orecchio il telegramma ricevuto.

Altri particolari del telegrafo Morse si vedono nella figura.

Ogni stazione è provvista di un apparecchio ricevente, di un manipolatore e di una pila. Quando il tasto non è abbassato l'apparecchio ricevente è pronto a ricevere il segnale: uno stesso filo serve a corrispondere nei due sensi. Oggi però uno stesso filo telegrafico può, con speciali dispositivi, trasmettere contemporaneamente 8 messaggi.

Nel sistema Hugues vi è una speciale macchina scrivente, che sembra un piccolo pianoforte, che trasmette e riceve direttamente le singole lettere stampandole immediatamente su di una striscia di carta.

Mediante un filo telegrafico è anche oramai possibile trasmettere un'immagine fotografica o addirittura la copia fotografica di uno scritto originale in un punto qualunque della terra; ma il sistema è ben diverso dai precedenti.

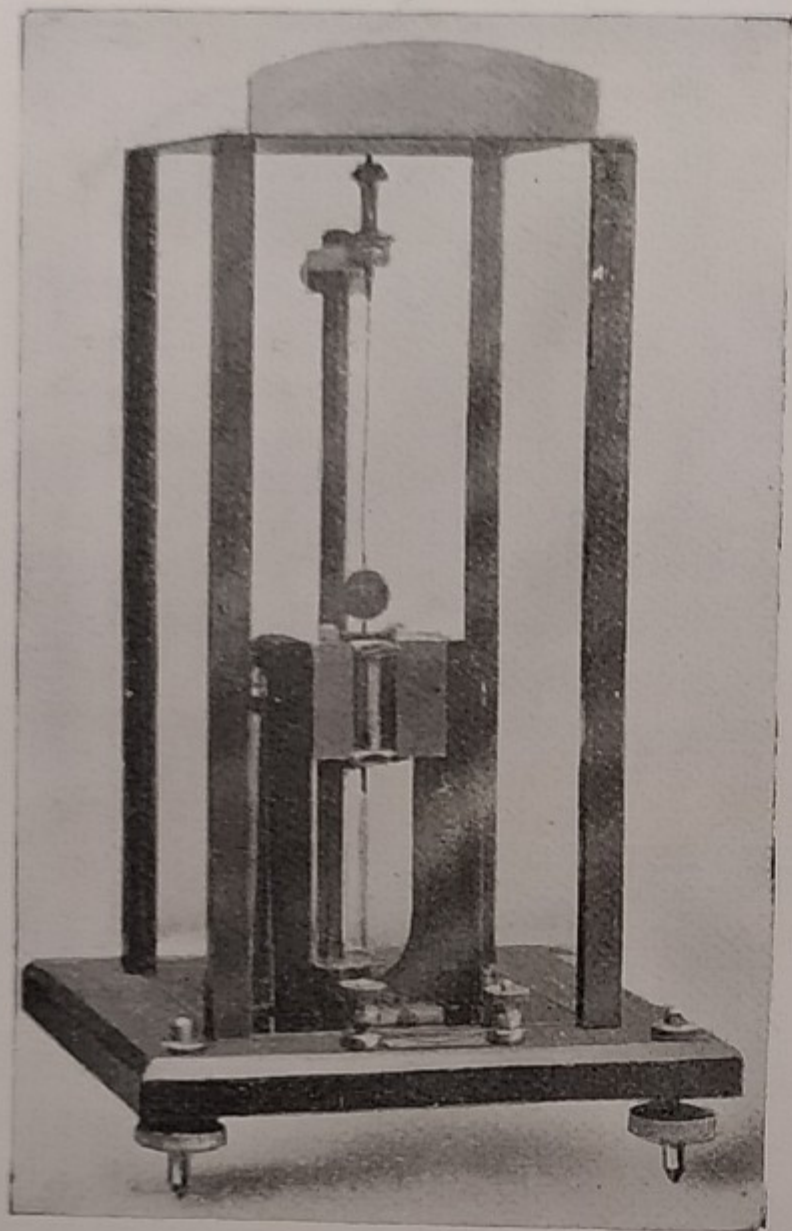



Fig. 234. — Un galvanometro da esperienze.
È un galvanometro a circuito mobile. Si vedono bene il forte magnete permanente disposto come un *U*, ed uno specchietto in cui si leggono le deviazioni dello strumento.
(*Off. Galileo*).

172. Amperometri. — Sono gli strumenti che servono a misurare direttamente l'intensità in *ampère* di una corrente elettrica. Qui accenniamo a quelli fondati sull'azione elettrodinamica delle correnti.

La deviazione dell'ago nell'esperienza di Oersted può servire a questo scopo: per rendere il dispositivo molto sensibile il filo è avvolto un numero grande di volte attorno all'ago e questo è praticamente sottratto all'azione orientatrice della Terra. La lettura richiede però troppo tempo perchè l'ago oscilla a lungo prima di indicare stabilmente il valore della corrente.

Poichè le azioni elettrodinamiche sono reciproche, in altri tipi di amperometri si immobilizza il campo magnetico e si rende mobile il circuito, come nei modelli così detti elettromagnetici mostrati nelle figure 234 e 235.

In essi, tra i poli di un forte magnete e perpendicolarmente alle linee di forza magnetica, è disposto un leggerissimo circuito rettangolare, formato di molte spire di filo, che può ruotare attorno ad un asse perpendicolare alle linee di forza. Una molla tende a mantenere il circuito mobile nella posizione suddetta. Quando la corrente passa, il campo magnetico da essa prodotto tende a disporsi parallelamente a quello del magnete permanente ed a vincere l'elasticità della molla. La deviazione è, dentro vasti limiti, proporzionale alla corrente e acquista molto prontamente il valore definitivo.

Non tutta la corrente passa per il circuito mobile, ma solo una frazione determinata di essa: il resto passa all'esterno per un circuito parallelo detto *derivazione.*

L'apparecchio si confronta una volta per tutte con un amperometro già tarato: esso va sempre disposto *in serie* con gli apparecchi di consumo.

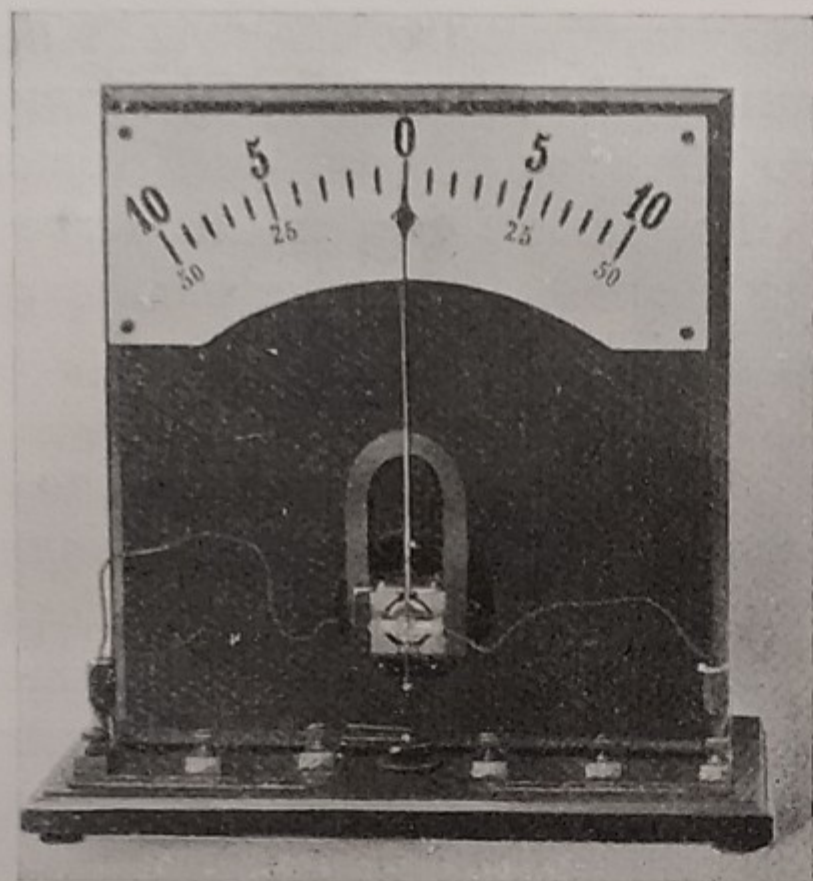



Fig. 235. — Un galvanometro per dimostrazioni scolastiche.

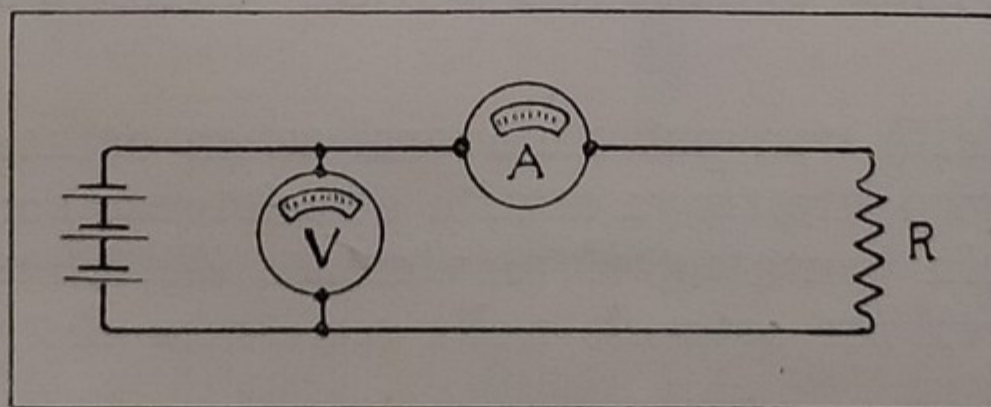
In questo galvanometro a circuito mobile, un lungo ago si muove davanti la scala superiore visibile a molte persone.

La scala numerata inferiore si riferisce all'impiego dello strumento come voltmetro. (*Off. Galileo*).

Fig. 236. — Un voltmetro.

Non è che un amperometro in serie con una grande resistenza e che si pone in parallelo con l'apparecchio utilizzatore della f. e. m. da misurare. (*Off. Galileo*).

Se lo strumento è messo in derivazione sul circuito in modo da assorbire una piccola parte della corrente utilizzabile, l'apparecchio si chiama *voltmetro,* perchè può essere tarato direttamente in Volta (fig. 236).

La figura 237 mostra come devono essere applicati, i due strumenti in un circuito di utilizzazione.

Fgi. 237. — Inserzione in un circuito di un amperometro e di un voltmetro.

L'amperometro è disposto in serie; il voltmetro in parallelo. Se i due strumenti venissero per errore scambiati di posto, l'amperometro brucerebbe e nel circuito utilizzatore non passerebbe quasi alcuna corrente.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XXIV

* *Colla pila tascabile di cui dispongo, ho ripetuto l'esperienza di Oersted e mi sono così costruito un piccolo amperometro. Ho avvolto dieci o dodici spire di filo di rame da campanelli, in un anello del diametro di dieci centimetri e nel centro di questo circuito, disposto verticalmente nella direzione del meridiano magnetico, ho messo l'ago che mi serve da bussola. Facendo passare la corrente che accende la lampadina ho constatato che la regola del Nord e del Sud è giusta.*

** *Il quadro dei campanelli elettrici che sta presso lo sgabuzzino del bidello, contiene tanti elettromagneti quanti sono i bottoni di chiamata delle singole aule. Ognuno di essi, quando passa la corrente, solleva il cartellino numerato che mostra al bidello, in quale aula venga chiamato. Ma il trionfo dell'elettrocalamita, mi ha detto mio padre, è nelle centrali del telefono automatico, ove ve ne sono a migliaia. Le loro manovre utili, rapide e silenziose, sembrano ubbidire ai comandi di una volontà superiore e meraviglia anche gli scettici.*

Coll'andare del tempo si renderanno automatici nelle case i principali lavori domestici, e negli uffici tutte le attività di ordine materiale, come le registrazioni contabili, le classificazioni e le ricerche di dati.

Già fin d'ora la sicurezza del movimento ferroviario è affidata al controllo elettromagnetico delle manovre, che i capi del movimento continuamente seguono osservando le segnalazioni di un grande quadro elettrico.

CAPITOLO VI.

Resistenza elettrica e sue conseguenze.

173. L'elettricità non può muoversi senza ostacoli. — Come un corpo nel suo movimento trova attrito o resistenze contro quelli fermi con cui si trova in contatto, il movimento dell'elettricità, come già accennammo, trova un ostacolo nella *resistenza elettrica* del filo conduttore.

Ne risulta una diminuzione della f. e. m. utile e la produzione di calore in quantità equivalente all'energia consumata per vincere la resistenza.

Le leggi della resistenza elettrica furono scoperte da *Ohm* e di-

cono che essa aumenta colla lunghezza del circuito, diminuisce coll'aumento della sezione del filo e dipende dalla qualità della sostanza da cui è formato il filo conduttore.

Il corpo conduttore di minore resistenza è il *rame puro*: un filo di rame del diametro di 1 millimetro, deve avere la lunghezza di 45 m. per offrire la resistenza che abbiamo già chiamata 1 *ohm*. Bastano invece 73 cm. di filo di *nichel-cromo* di quel diametro per dare la stessa resistenza. Le sostanze dette *isolanti* hanno praticamente una resistenza elettrica infinita (fig. 238), perchè, anche in piccolo spessore, impediscono il passaggio di qualunque corrente.

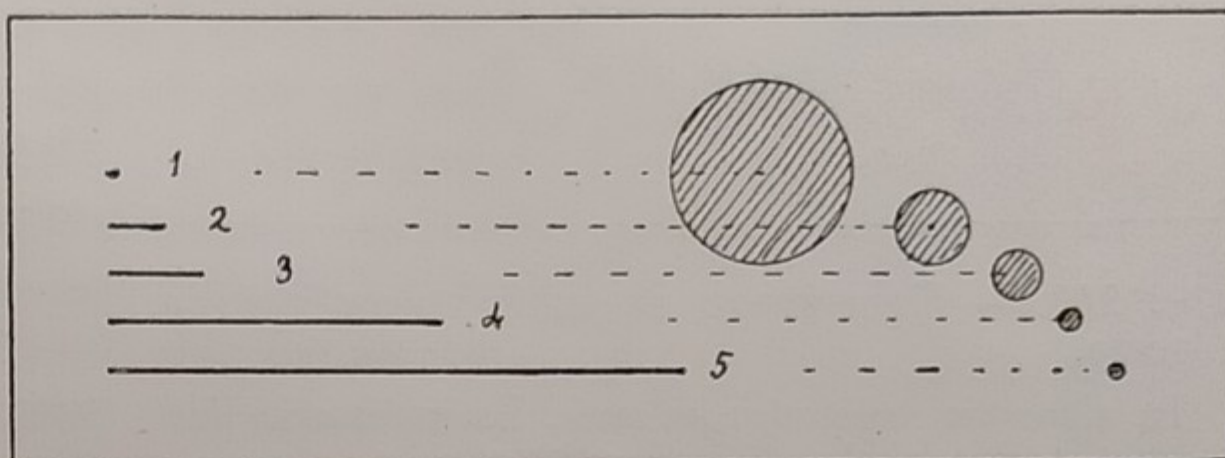



Fig. 238. — Fili di uguale resistenza.

A sinistra si vedono le diverse lunghezze di cinque fili di diverse sostanze dello stesso diametro, a destra le diverse sezioni di fili della stessa lunghezza, che hanno la stessa resistenza.

Dall'alto al basso i fili sono di: *1* Nichel-cromo; *2* Mercurio; *3* Ferro; *4* Alluminio; *5* Rame.

Abbiamo già detto che la differenza di potenziale di 1 volta applicata agli estremi di un conduttore di 1 ohm di resistenza, produce la corrente di 1 ampère. Ohm, trovò appunto la legge che la differenza di potenziale e l'intensità della corrente circolante nel tratto di circuito a cui essa è applicata, sono proporzionali, cioè che per raddoppiare l'intensità della corrente occorre raddoppiare la f. e. m. Per il calcolo esatto della corrente che passa in un circuito bisogna però conoscere anche la *resistenza interna* propria della sorgente di elettricità.

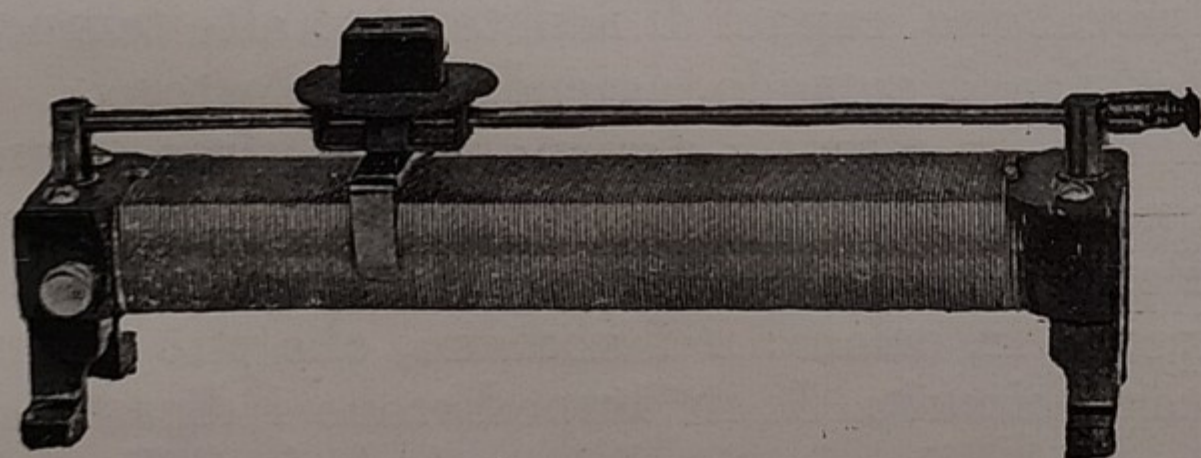



Fig. 239. — Reostato.

La resistenza del circuito in cui è inserito il reostato, si regola spostando il bottone lungo l'asta. (*Off. Galileo*).

174. — Le variazioni di resistenza di un circuito, necessarie per regolare la corrente circolante in esso, si ottengono mediante i *reostati* (fig. 239), formati di fili metallici di elevata resistenza avvolti a spirale su un corpo isolante perchè non siano ingombranti; spostando un contatto si può comodamente e rapidamente far variare la lunghezza della parte di filo inserita nel circuito.

Si tenga presente che se due o più resistenze sono disposte *in serie*

Fig. 240. — Resistenze in serie ed in parallelo.

In alto: tre resistenze in serie. La resistenza del tratto $A\ B$ è di $2 + 5 + 3 = 10$ ohm.

In basso: due resistenze in parallelo. La resistenza del tratto $C\ D$ è $6 : 2. = 3$ ohm.

come mostra la figura 240 *a*) la resistenza totale è la somma delle singole resistenze, e se sono in *parallelo*, la resistenza è minore di ognuna di esse. In particolare, se le resistenze in parallelo sono due ed uguali, (fig. 240 *b*), la resistenza totale è la metà di ognuna di esse.

175. Calore sviluppato da una corrente elettrica. — Un filo conduttore attraversato da una corrente si riscalda per effetto della resistenza del filo e precisamente, il numero di calorie prodotte ad ogni secondo è dato all'incirca dal quadrato del numero degli ampère moltiplicato per il numero che dà la resistenza in ohm, diviso per *quattro*.

Se il filo è molto sottile è facile raggiungere la temperatura che lo arroventa e lo fonde. In generale il forte riscaldamento all'aria altera chimicamente ed elettricamente il filo prima di fonderlo; perciò, se si vogliono produrre alte temperature ed avere apparecchi durevoli, occorre usare fili di leghe speciali (per esempio di nichel-cromo).

Gli apparecchi da riscaldamento elettrico (come, fra i più comuni, piccoli fornelli, ferri da stiro, ecc.) hanno un filo di nichel-cromo sostenuto da un supporto isolante ed infusibile, o compresso fra pezzi di *amianto*, o di *mica* o di *porcellana*, capaci di resistere ad alte temperature. Il riscaldamento elettrico è comodo, igienico, ma costoso.

Se la resistenza elettrica di un circuito diviene piccolissima, come quando due fili a differente potenziale vengono casualmente in contatto, la corrente acquista un valore altissimo e consuma una grande quantità di energia, che si disperde in calore: il fenomeno, che può essere molto pericoloso, si dice *corto circuito*. Se ne impediscono i disastrosi effetti, inserendo in vari punti dell'impianto, delle *valvole fusibili*, cioè dei pezzi di filo sottile e facili a fondersi, che interrompono il passaggio della corrente pericolosa, quando l'intensità di essa sorpassa il valore normale.

176. Illuminazione elettrica. — Nelle *lampadine elettriche ad incandescenza*, c'è un filo sottile di *tungsteno*, che resiste alla temperatura di circa 2000 gradi centigradi prodotta dalla corrente elettrica e che irradia una luce bianca molto simile a quella solare.

I due estremi del filo di tungsteno sono sostenuti da piccoli pezzi

di fili di platino piuttosto grossi che attraversano il vetro e terminano, l'uno alla vite metallica esterna, che serve a stringere la lampada nel portalampada, l'altro ad un dischetto isolato, centrale, che si appoggia contro il fondo del portalampada e che costituisce l'altro capo del circuito (fig. 241).

Fig. 241. — Collegamento di una lampada elettrica ad incandescenza.

La piastrina *A*, e la vite esterna *B* sono isolate fra di loro e comunicano con gli estremi del filamento. Avvitando la lampada nel portalampada i pezzi *A* e *B*, si mettono in contatto coi fili del circuito.

Nelle lampade si fa il vuoto, per evitare che il filamento incandescente si alteri troppo rapidamente, o vi si mette un gas inerte, come l'*azoto* a debole pressione, per facilitare la dispersione del calore prodottosi. Le buone lampade consumano meno di 1 watt per candela di luce emessa.

Nelle lampade ad arco (fig. 242) due aste di *carbone di storta* chiudono un circuito, che può disporre almeno di 40 *volt* di tensione. I punti dei carboni che si trovano in contatto si riscaldano fortemente, perchè il carbone di storta non è buon conduttore del calore, e si forma attorno ad essi un'atmosfera calda e conduttrice di vapori di carbone e di *aria ionizzata* che costituisce l'arco elettrico. L'arco si mantiene anche se le punte si allontanano di alcuni millimetri, anzi i carboni diventano maggiormente luminosi.

Le ombre prodotte dall'arco elettrico o *voltaico*, sono a contorni molto netti e perciò sgradevoli: un'illuminazione più gradevole si ottiene circondando l'arco con un globo di vetro translucido, che aumenta la superficie illuminante.

L'arco elettrico invece è molto adatto ad essere impiegato come sorgente luminosa negli apparecchi da proiezione e nei riflettori perchè la parte luminosa è concentrata in una piccola regione: si possono produrre con un solo arco anche parecchi milioni di *candele*.

Fig. 242. — Lampada ad arco.

I due carboni sono posti ad angolo retto, e quando si consumano si possono riavvicinare ruotando i due bottoni a destra, in alto. (*Off. Galileo*).

Siccome i carboni si consumano, e quello positivo si consuma più del negativo, occorre ogni tanto riavvicinare le punte per evitare che l'arco si interrompa e si spenga; ciò può ottenersi anche con congegni automatici.

177. Amperometri termici. — In questi tipi di *amperometri* l'intensità della corrente da misurare è indicata dalla dilatazione che un filo metallico sottile subisce per effetto del riscaldamento prodotto dalla corrente. La deviazione dell'ago non dipende dal senso della corrente: essi sono perciò utili per misurare l'intensità delle correnti alternate, che sono di senso continuamente variabile (fig. 243).

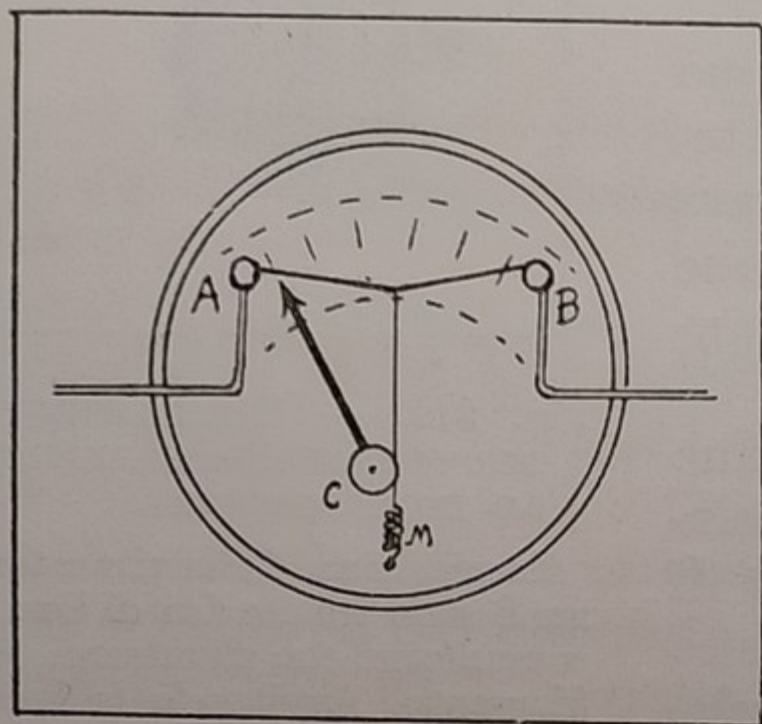



Fig. 243. — Schema di un amperometro termico.

Il filo metallico *A B* per cui passa la corrente è teso trasversalmente da un filo flessibile isolato e da una molla *M*. Il filo flessibile si avvolge attorno al cilindro *C* e lo fa ruotare quando il filo *A B*, riscaldandosi per effetto della corrente, varia di lunghezza.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XXV.

* *Se in un circuito non vi fosse resistenza elettrica una corrente potrebbe circolare indefinitamente in esso senza indebolirsi. Ma, come, mancando l'attrito, non si potrebbero produrre certi effetti meccanici, così, senza resistenza elettrica, non si potrebbe ottenere calore dall'energia elettrica.*

** *Sulla mia lampada tascabile ho trovato scritto A. 0,25; V. 4. La resistenza è dunque 4 : 0,25 = 16 ohm, e la lampadina consuma 1 watt cioè produce all'incirca la luce di una candela. Ma ho finito per bruciarla! Infatti ho trovato in casa la batteria di accumulatori della motocicletta dello zio, che era stata riparata ed ho voluto provare se la lampadina facesse più luce. Ma la batteria era formata di quattro elementi, ognuno di 2 volta e il filamento della mia lampadina non potendo sopportare 8 volta di tensione, si è fuso.*

*** *Con una lampada normale da 110 volta e da 50 watt, ho riscaldato rapidamente l'acqua di un bicchiere immergendovi il bulbo di vetro della lampada accesa. Come ci ha spiegato il Professore, il riscaldamento elettrico costa troppo: infatti l'energia prodotta da un chilovatt durante un'ora si paga circa lire 1,70. Una lampada di 50 watt, cioè da 1/20 di chilowatt consuma dunque in un'ora L. 1,70 : 20 = 8,5 centesimi. Ma basta bruciare dieci grammi di legna, per ottenere, all'incirca, la stessa quantità di calore.*

**** *Con la macchina da proiezioni il Professore ci ha mostrato sullo schermo i carboni incandescenti della lampada ad arco. Il carbone positivo si scava a cratere e quello negativo si appuntisce consumandosi: sembra di assistere all'eruzione di un piccolo vulcano. Tutte le misteriose forze della natura, sembrano sprigionarsi in quella piccola regione dello spazio, osservata, per primo, da Alessandro Volta e perciò chiamato arco voltaico.*

CAPITOLO VII.

L'induzione elettromagnetica.

178. La scoperta di Faraday. — L'invenzione della pila è stata l'origine di tutte le meravigliose scoperte che hanno reso possibili le applicazioni attuali della corrente elettrica: cento anni fa il *telegrafo*, il *telefono*, il *tranvai elettrico*, l'*illuminazione elettrica*, la *radio*, non solo non esistevano, ma il prevedere queste possibilità poteva sembrare un sogno da pazzi.

Fig. 244. — Dimostrazione del fenomeno delle correnti indotte.

Le correnti indotte si formano solamente mentre il magnete *N S* va spostandosi da una ad un'altra delle tre posizioni.

Però l'enorme sviluppo odierno di tutte le applicazioni elettriche, è avvenuto solo dopo la scoperta fatta dall'inglese Faraday nel 1831 che si può ottenere l'energia elettrica, dall'energia meccanica.

Quando fate girare a vuoto il piccolo alternatore che alimenta il fanalino elettrico della vostra bicicletta, vi sarete accorti che occorre uno sforzo minore di quando la lampadina è accesa. Il maggior lavoro consumato si trasforma in energia elettrica e genera appunto la corrente elettrica che vi è necessaria.

Il fenomeno, scoperto da Faraday, è detto della *induzione elettromagnetica*, e può essere illustrato con molte esperienze.

Si abbia ad esempio un filo avvolto a solenoide od a rocchetto cavo, come mostra la figura 244, e nel cui circuito si trovi solamente un galvanometro, cioè un amperometro da esperienze, capace di indicare il senso della corrente: questo non dà in tal modo indicazione alcuna di corrente non essendovi nel circuito alcuna sorgente di elettricità.

Prendiamo ora un magnete rettilineo *N-S* disposto lungo l'asse del rocchetto come mostra la figura, e facciamogli assumere successivamente le posizioni 1, 2, e 3.

Finchè il magnete sta fermo nelle posizioni suddette od in qualunque altra, nessuna corrente elettrica è rivelata dal galvanometro.

Invece, *mentre il magnete si muove* e passa dalle posizioni 1 o 3 alla posizione 2, l'ago del galvanometro accusa il passaggio di una corrente con una deviazione per esempio verso destra e mentre passa dalla posizione 2 a quelle 3 od 1, la deviazione dell'ago del galvanometro avviene verso sinistra, dimostrando così la produzione di una corrente contraria alla precedente. Le correnti che vengono prodotte in tal modo si dicono *correnti indotte.*

179. Causa delle correnti indotte. — Se pensiamo che il magnete è abbracciato da un campo magnetico che il magnete trasporta con sè nei suoi movimenti, ci accorgiamo che le correnti indotte non sono generate dalla presenza del campo magnetico, ma dal suo movimento e che dunque la causa delle correnti indotte sta nelle variazioni del campo magnetico che interessa il circuito o, come si dice, nella *variazione del flusso magnetico che attraversa il circuito.*

È evidente che gli stessi effetti si potrebbero ottenere spostando il circuito anzichè il magnete, od anche sostituendo al magnete dell'esperienza descritta, una elettrocalamita rettilinea.

Usando l'elettrocalamita non c'è neanche bisogno di spostare uno dei due circuiti rispetto all'altro per ottenere in quello *indotto* o *secondario* la corrente: basta far variare di intensità o di senso, od anche solo interrompere, la corrente che circola nel circuito dell'elettromagnete o *circuito primario.*

La corrente indotta dura solamente finchè dura la variazione della corrente primaria perchè, come abbiamo detto, avviene in seguito alla variazione del campo magnetico abbracciato dal circuito, ed è sempre di senso tale da opporsi alla causa meccanica od elettrica che l'ha generata.

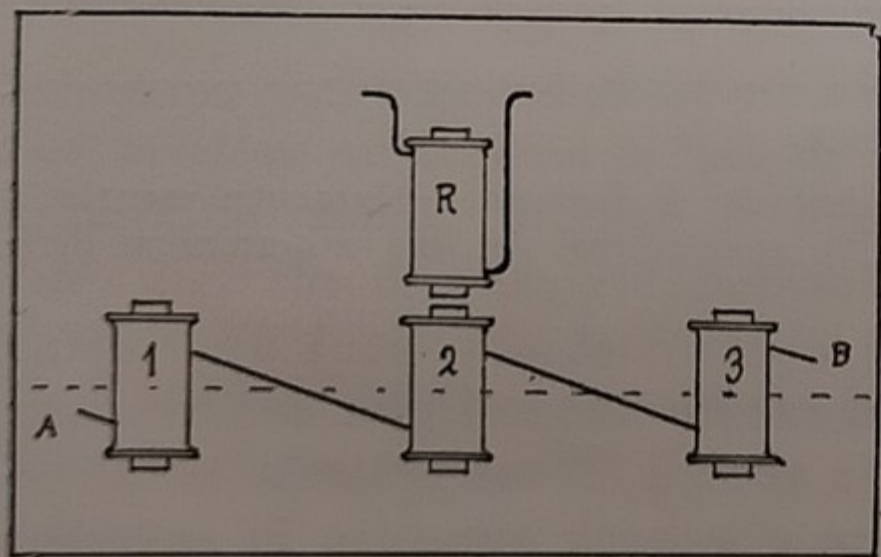



Fig. 245. — PRINCIPIO DELL'ALTERNATORE.

Gli elettromagneti *1, 2, 3,* equivalgono per i loro effetti ai magneti della fig. 244. Nell'elettromagnete fisso *R*, circola una corrente che si alterna tante volte quanti sono i magneti che passano davanti ad esso nella direzione *A B*. Il filo che si avvolge successivamente e nello stesso modo attorno agli elettromagneti, rappresenta il circuito alimentatore degli elettromagneti stessi.

180. Il principio degli alternatori. — Modifichiamo, ora, leggermente l'esperienza precedente in questo modo: il circuito indotto stia fermo (fig. 245) e sia avvolto

attorno ad un nucleo di ferro dolce, per intensificare il flusso magnetico che lo attraversa. L'elettromagnete del circuito primario, si muova invece nella direzione AB, conservando il suo asse parallelo a sè stesso ed a quello dell'indotto. Troveremo allora che mentre il circuito primario si sposta dalla posizione 1 a quella 2, la corrente indotta avrà un certo senso e precisamente quello che tende a formare in C nel circuito secondario un polo magnetico dello stesso nome di quello induttore; continuando poi a spostarsi dalla posizione 2 alla posizione 3, la corrente indotta sarà di senso contrario al precedente.

Fig. 246. — Schema di un alternatore.

I quattro rocchetti dell'induttore rotante sono alimentati da una corrente continua mediante le spazzole $S\ S$ e gli anelli metallici isolati su cui queste appoggiano; i loro poli omonimi stanno esternamente. Gli otto rocchetti dell'indotto sono percorsi da una corrente alternata che compie quattro periodi ad ogni giro della parte rotante (rotore).

Ora, se, dopo il primo elettromagnete, ne passassero altri alla stessa distanza e con uguale velocità, come se fossero portati da uno stesso corpo mobile, la corrente indotta cambierebbe periodicamente di senso e le sue variazioni avrebbero l'andamento di quelle della velocità di un pendolo: queste correnti si dicono *alternate*.

In una macchina generatrice di corrente alternata od *alternatore* anche gli avvolgimenti dell'indotto sono molti e sono collegati in modo che le correnti da essi prodotte si addizionano e si raccolgono in un unico circuito esterno. I circuiti induttori sono di solito portati da una ruota girante o *rotore*, e gli indotti, sono allora situati sulla parte interna di una carcassa circolare o *statore*, come mostra schematicamente la figura 246.

Fig. 247. — Rappresentazione grafica di una corrente alternata.

Questa linea ondulata si chiama *sinusoide*; le distanze dei suoi punti dalla retta AC rappresentano i valori della corrente nei singoli momenti, che sono rappresentati dai punti della retta suddetta. La lunghezza AC rappresenta il *periodo* che, nelle correnti industriali, varia da $1{,}4_2$ ad 1,50 di secondo.

181. Correnti alternate. — Una corrente alternata è rappresenta-

bile, graficamente, con una linea ondulata detta *sinusoide*, i cui punti distano ad ogni istante da una retta fissa $A\,B$ (fig. 247) su cui sono segnati i valori del tempo, di lunghezze proporzionali all'intensità della corrente nel momento considerato.

Oltre alle caratteristiche delle correnti continue prodotte dalle pile o dagli accumulatori, le correnti alternate si distinguono per la loro *frequenza*, cioè per il numero delle ondulazioni per minuto secondo.

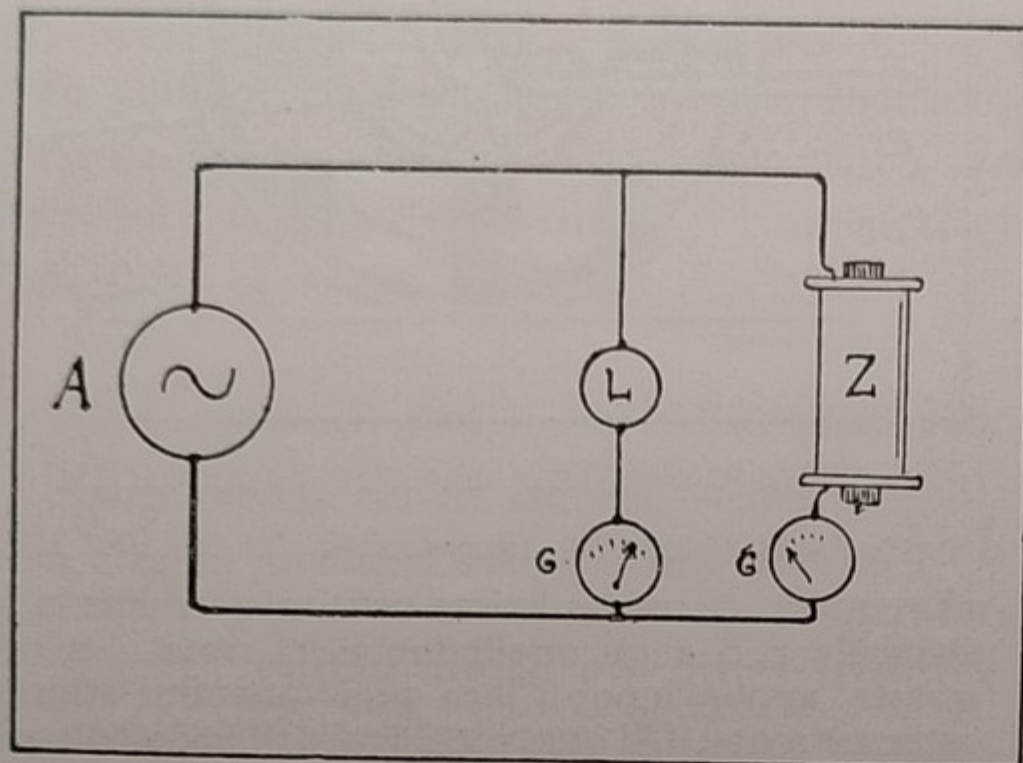



Fig. 248. — Effetti dell'impedenza.

La corrente alternata accende la lampada L, ma non passa attraverso all'impedenza Z (come mostrano gli amperometri G, G a filo caldo) malgrado che questa offra una piccola resistenza alle correnti continue.

Le correnti alternate usate nelle città per illuminazione o per fornire forza motrice, hanno per lo più le frequenze di 42 o di 50 periodi a secondo.

Per sapere quale sia l'intensità della corrente alternata che può passare in un circuito, non basta conoscere i valori della f. e. m. ad ogni istante e della resistenza del circuito. Infatti le variazioni della corrente, producono attorno al circuito un flusso magnetico variabile, e le variazioni di questo agendo per induzione sul circuito stesso (fenomeno dell'*autoinduzione*) ostacolano il passaggio della corrente originaria, indebolendola.

L'ostacolo totale che una corrente alternata incontra per effetto dell'autoinduzione e della resistenza di un circuito e che cresce col crescere della frequenza della corrente si chiama *impedenza*.

L'esperienza della figura 248 mostra che una corrente alternata che accende una lampada non riesce a passare attraverso un filo di piccola resistenza avvolto attorno ad un nucleo di ferro, che offre un impedenza rilevante.

182. Produzione industriale delle correnti continue. — Nei primordi dell'elettrotecnica non si sapevano utilizzare le correnti alternate.

Gli sforzi degli studiosi erano diretti ad ottenere correnti di senso costante, come quelle delle pile. *Antonio Pacinotti* di Pisa trovò il modo di produrre una corrente praticamente continua, mediante un indotto a forma di anello, provvisto di un *collettore segmentato rotante*, a cui si appoggiano due spazzole fisse (fig. 249). L'indotto ruota in un campo

magnetico potente che, nelle macchine moderne, è generato dalla stessa corrente (fig. 250).

Queste macchine generatrici di correnti continua o *dinamo* sono necessarie per produrre le correnti di carica per accumulatori o per alimentare gli induttori di un alternatore, ma soprattutto si impiegano negli impianti a trazione elettrica, sia per generare correnti continue sia per funzionare come *motori*, cioè per trasformare in forza mo-

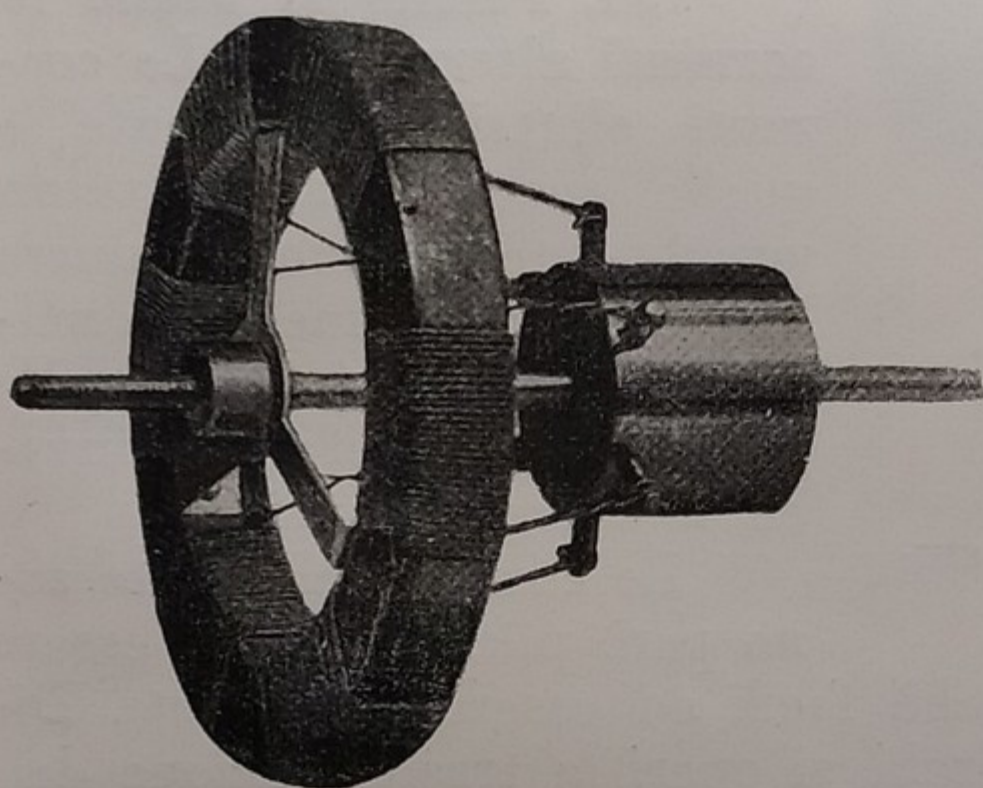



Fig. 249. — Modello di anello di Pacinotti.

A destra si vede il collettore, formato di settori cilindrici fra di loro isolati. Il circuito continuo dell'anello è collegato in altrettanti punti equidistanti, ai segmenti del collettore. (*Off. Galileo*).

Fig. 250. — Schema di motore elettrico a corrente continua.

Una parte della corrente circola nell'indotto ruotante, l'altra serve ad eccitare il campo dell'elettromagnete *C* entro cui ruota l'indotto.

trice la corrente continua che consuma ogni veicolo. La corrente continua ha infatti rispetto alla corrente alternata, il pregio di permettere una facile regolazione della velocità.

Oltre alle reti tranviarie cittadine, sono a corrente continua molte linee ferroviarie.

183. Motori a corrente alternata. — L'utilizzazione della corrente alternata come forza motrice, fu praticamente possibile solamente dopo la grande scoperta di *Galileo Ferraris*, piemontese (1885), del principio del *campo magnetico rotante*. Questo può essere prodotto da due o più correnti alternate della stessa frequenza ed è capace di far ruotare qualunque massa metallica situata nel campo stesso.

La potenza dei motori elettrici a corrente alternata può variare da 1/40 di chilowatt (kw.) fino a migliaia di kw. (fig. 251) (1). Oltre

(1) Un chilowatt equivale a 1000 watt.

che per trazione elettrica essi si usano, per muovere macchine utensili, pompe, mulini, ecc.

Anche nelle applicazioni domestiche il motore elettrico si diffonde sempre più; si muovono piccole pompe pel sollevamento dell'acqua, ventilatori, piccole macchine frigorifere, aspiratori di polvere, lucidatori, motori per grammofoni, ecc.

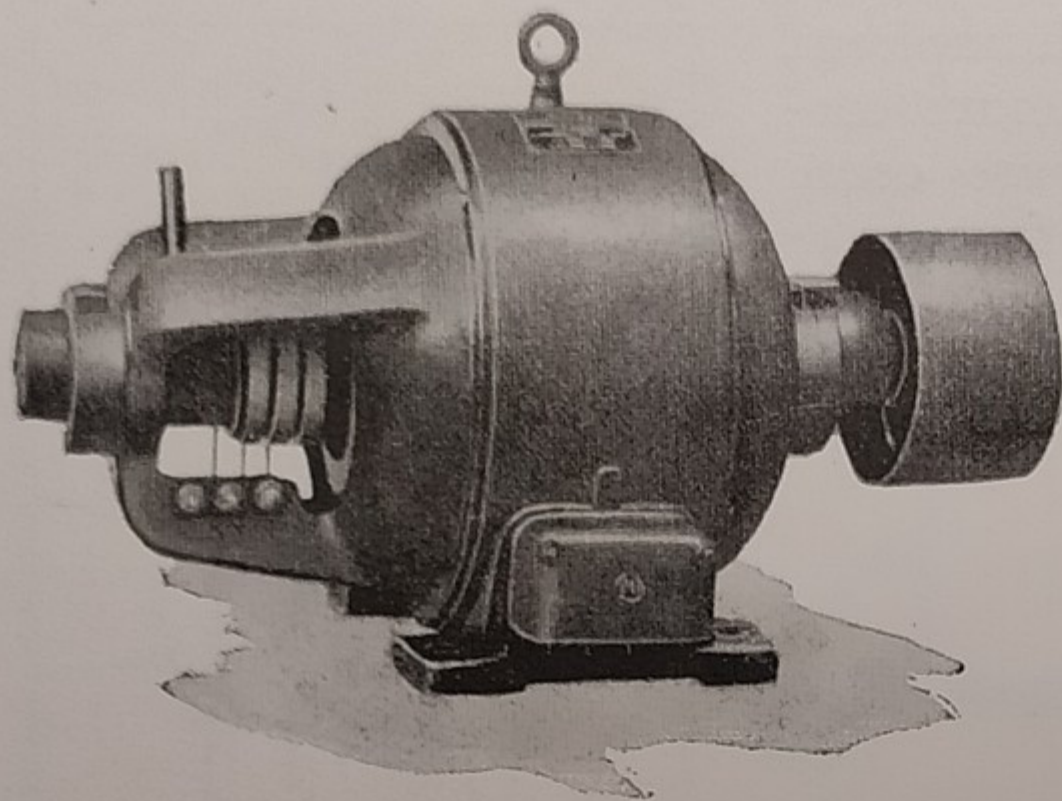



Fig. 251. — Un motore elettrico da 20 chilowatt.

184. Perchè si usano le correnti alternate. — Le correnti elettriche alternate e quelle continue si adattano ugualmente bene a produrre luce e calore. Come forza motrice, specialmente per piccole potenze sono preferibili invece, le correnti continue.

Le correnti alternate sono però più adatte per essere trasportate a grandi distanze, perchè facili ad essere *trasformate*. Diremo ora in che cosa consista e perchè si operi la trasformazione dell'energia elettrica.

Intanto è noto a tutti, che l'energia elettrica si ricava in generale dall'energia idraulica delle cadute d'acqua che si trovano per lo più lontane dalle città, cioè dai luoghi di maggior consumo: essa deve quindi, essere trasportata per mezzo di fili o *linee elettriche* dal luogo di produzione a luoghi distanti talora parecchie diecine di chilometri.

Ora, lungo ogni filo conduttore, la perdita di energia sotto forma di calore dovuta alla resistenza elettrica è sempre rilevante, e cresce in ragione del quadrato della corrente: ciò significa che diminuendo la corrente di metà, le perdite di energia che si verificano nel trasporto si riducono già ad un quarto.

Ma se l'energia deve giungere inalterata all'altro estremo della linea, l'abbassamento utile dell'intensità di corrente rende necessario un proporzionale aumento dell'altro fattore dell'energia elettrica, cioè della tensione.

Questa modificazione dei fattori dell'energia, che mutando i due fattori del prodotto, *volta* ed *ampère*, lascia inalterato il prodotto in *watt*, si chiama *trasformazione*.

Ora, la trasformazione di una corrente alternata è comoda e poco costosa, perchè ottenibile con *trasformatori statici*, sia per elevare che per ridurre la tensione della corrente stessa, mentre è piuttosto costosa, e meccanicamente complicata, per le correnti continue.

185. I trasformatori. — Un trasformatore di corrente alternata ha un nucleo di ferro (fig. 252), formato di tante lamelle isolate (e ciò per evitare altre perdite di energia) attorno a cui sono avvolti due circuiti di filo fra loro isolati.

Fig. 252. — Schema di un trasformatore.
Attorno allo stesso nucleo lamellato sono avvolti due circuiti P ed S. Se il primo è di 600 ed il secondo di 900 spire, quale tensione si ottiene nel secondo, applicando nel primo 120 volta alternati?

Quando una corrente alternata circola in uno di essi, detto *primario*, anche nell'altro detto *secondario* passa una corrente alternata indotta della stessa frequenza. La tensione, della corrente secondaria, all'uscita dal trasformatore è uguale a quella primaria (ed in tal caso non vi sarebbe trasformazione) se i due circuiti hanno lo stesso numero di spire; altrimenti il rapporto tra le due tensioni è data dal rapporto tra il numero delle spire del circuito secondario e quello del circuito primario, mentre quello delle correnti è dato dal rapporto inverso.

Fig. 253. - Un grosso trasformatore da 800 chilowatt.

Per esempio, un energia di 6 kw. sotto 100 volt alternati, in un trasformatore il cui primario ha 1000 spire ed il cui secondario ne ha 4000, si trasforma in:

volt 400 ed **ampère 15.**

Infatti:

$$400 \times 15 = 100 \times 60 =$$
$$= 6000 \text{ watt} = 6 \text{ kw.}$$

Vi sono trasformatori che utilizzano anche 10.000 kw. (fig. 253).

186. Un impianto elettrico. — Nel suo complesso un impianto di energia elettrica funziona così: ai piedi di una caduta d'acqua (fig. 254), ottenuta di solito artificialmente, sbarrando con una *diga* un corso d'acqua o scaricando l'acqua di un lago per un canale apposito, vi sono delle *turbine idrauliche*, o grosse ruote a pale che muovono degli alternatori.

La tensione sotto cui l'energia viene prodotta negli alternatori sia per esempio di 6000 volt. Questa tensione è pericolosa ed inadatta per essere utilizzata direttamente, ma conviene venga ancora innalzata per trasportarla per esempio a 100 chilometri di distanza.

Perciò è avviata nei *trasformatori elevatori* che la portano, per esempio, a 90000 volt; questa tensione, oramai, non è eccezionale, perchè vi sono in Italia trasporti d'energia elettrica a 220.000 volt, come quello da Cardano (Trentino) a Cislago (Lombardia).

È pericoloso avvicinarsi anche solamente ad un metro di distanza da una linea elettrica a 90.000 volt: si sprigionerebbe una scarica letale per qualunque grosso animale.

Fig. 254. — SCHEMA DI UN IMPIANTO ELETTRICO.

L'acqua cade dal lago *A* lungo la condotta forzata *B*. Nella centrale *C* gli alternatori generano l'energia elettrica sotto 6000 volta. Il trasformatore T_1 eleva la tensione a 60.000 volta. Nella Sottostazione di trasformazione *D*, a qualche centinaio di chilometri di distanza, la tensione viene abbassata dai trasformatori T_2 a 10.000 volta, ed avviata nelle cabine *E*, ove la tensione si riduce definitivamente alla tensione in 220 volta, e può essere utilizzata.

I vari fili della linea sono sospesi e mantenuti a sufficiente distanza, da catene di isolatori, sostenute da grossi pali a traliccio a grande altezza dal suolo, per evitare pericoli agli abitanti.

Nelle vicinanze del luogo dove l'energia deve essere utilizzata, (città o centro industriale), si trova una *cabina di trasformazione* ove sono i trasformatori che ri-

Fig. 255. — Un piccolo rocchetto di Rumkorff scomponibile.

I due circuiti, primario e secondario si possono infilare più o meno l'uno dentro l'altro, sia per mostrare la disposizione delle parti, sia per far variare la quantità di energia trasmessa dal primario al secondario. (*Off. Galileo*).

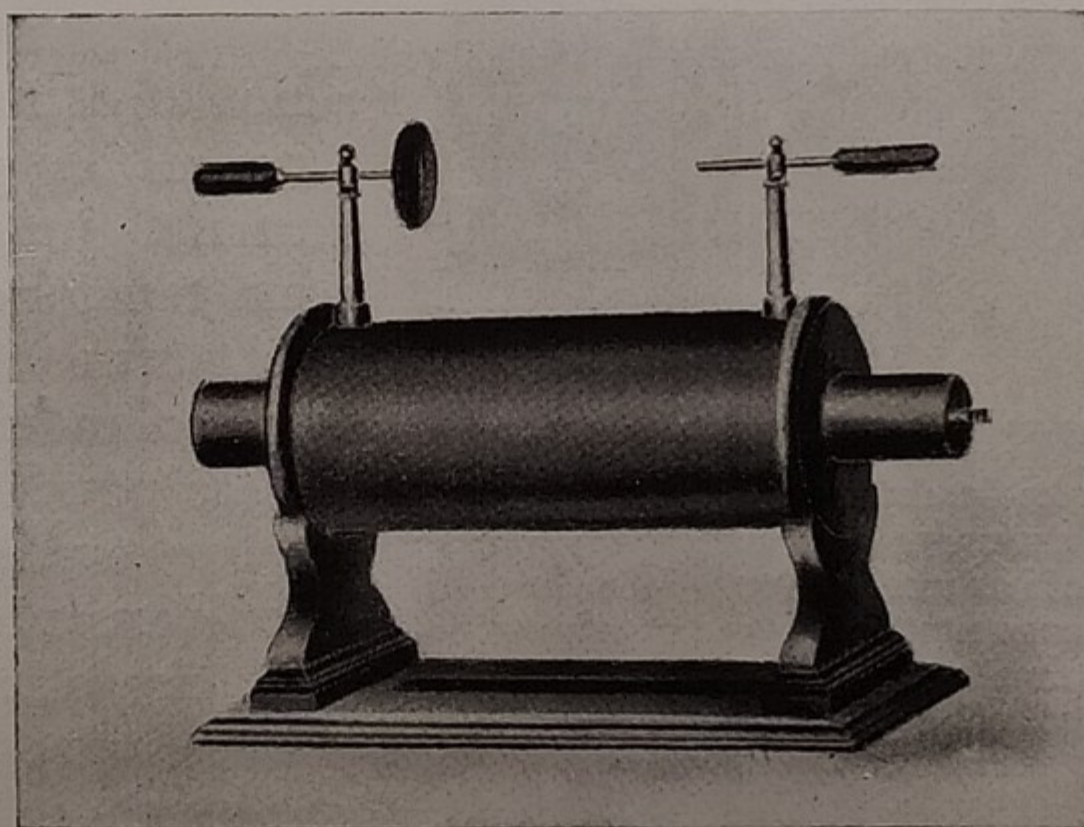



Fig. 256. — Un grosso rocchetto Rumkorff che dà scintille della lunghezza di 50 cm.
(*Off. Galileo*).

ducono la tensione a 10.000 volta, tensione che richiede impianti di più facile protezione, e perciò meno costosi. Lungo i fili a 10.000 volt, l'energia viene portata in vari punti della città e negli opifici più importanti, ove si trovano le *sottocabine di trasformazione*, che abbassano la tensione a 220 volt tra filo e filo, che non presenta gravi pericoli. Per l'illuminazione delle case, l'energia entra di solito a 125 volt, utilizzando la tensione tra uno dei fili di linea e la terra.

Non si deve però dimenticare che *se il suolo è umido e le mani sono bagnate, anche la tensione di 125 volt può essere mortale.*

Nella figura 254, ed in quasi tutte le linee di trasporto moderne, la linea è formata da tre fili. Essi trasportano tre correnti distinte dette *trifasi*, che possono essere utilizzate separatamente, come abbiamo detto, attraverso il contatto con la terra che funziona da quarto conduttore, od anche contemporaneamente: in questo caso non occorre il contatto con la terra.

Fig. 257. — Un interruttore elettrolitico.

Una lastra di piombo (a sinistra), ed una punta di nichel sporgente da un manicotto conico di porcellana (a destra), sono immersi in una soluzione di acido solforico. La corrente riscalda fortemente la punta che diviene isolante e riprende a passare non appena questa si è raffreddata. Ciò si ripete qualche centinaio di volte al secondo. (*Off. Galileo*).

187. Rocchetto di Rumkorff. — È, in sostanza, un trasformatore (inventato dal Rumkorff nell'anno 1851) per produrre, da una corrente continua anche della tensione di pochi volt, una corrente pulsante ad altissima tensione.

Attorno ad un nucleo di ferro cilindrico e diviso in strisce parallelamente all'asse per evitarne l'eccessivo riscaldamento, sono avvolti due circuiti: il *primario* di poche spire di filo grosso, per esempio 200, che è collocato internamente, ed il *secondario* di molte spire di filo sottile, per esempio 20.000, che sta attorno al primo e termina in due sfere isolate, o in una punta ed un piatto, che possono essere avvicinati ed allontanati per regolare la lunghezza della scintilla di scarica (figg. 255 e 256).

Nulla avviene se nel primario circola una corrente continua: ma se questa è rapidamente interrotta mediante un interruttore elettromagnetico, (che può funzionare per esempio come l'ancoretta di un

campanello elettrico), o, come nei tipi moderni, mediante un interruttore meccanico comandato a parte da un motorino elettrico, o mediante un interruttore elettrolitico, nel secondario si formano delle correnti indotte di tensione elevatissima (fig. 257).

Infatti, le correnti di autoinduzione che si formano nel primario stesso per effetto delle rapide interruzioni hanno già una tensione base, che verrà poi grandemente amplificata nel secondario, fortemente accresciuta rispetto a quella della sorgente di corrente continua.

Con una corrente primaria di pochi volt di una batteria di accumulatori, è possibile ottenere scintille, più intense e soprattutto, più frequenti, di quelle prodotte dalle macchine elettrostatiche.

Il *rocchetto di Rumkorff*, ha permesso lo studio degli effetti delle scariche elettriche nei gas rarefatti e la produzione di onde elettromagnetiche, ed è ancora oggi uno dei più utili apparecchi di cui l'elettrotecnica possa disporre.

188. Il telefono. — È l'apparecchio con cui si può trasmettere la parola a distanza, mediante un circuito elettrico.

Il *ricevitore telefonico* fu inventato dall'italiano *Meucci* nel 1849 ed è formato di una lamina sottile di ferro dolce (fig. 258) mantenuta a piccola distanza da un magnete, da cui è permanentemente attratta. Attorno all'estremità di questo magnete è avvolto un filo isolato, percorso dalle deboli correnti prodotte dal *microfono*, che indeboliscono o rafforzano l'attrazione della lamina e la fanno vibrare secondo il ritmo delle vibrazioni della corrente microfonica. Avvicinando la lamina all'orecchio si sente un suono (fig. 259).

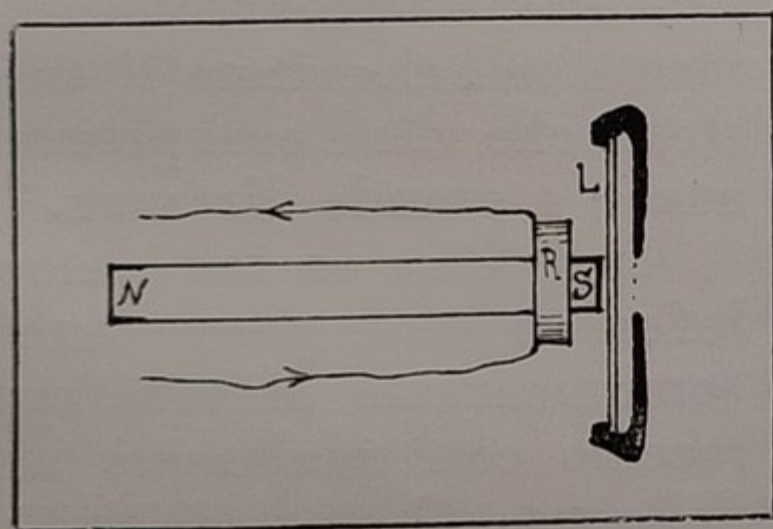



Fig. 258. — Schema di un ricevitore telefonico.

L è una laminetta di ferro dolce, mantenuta a piccola distanza da uno dei poli di un magnete da cui è permanentemente attratta. La corrente circolante nel rocchettino *R*, modifica questa attrazione e fa muovere la lamina col ritmo delle proprie variazioni.

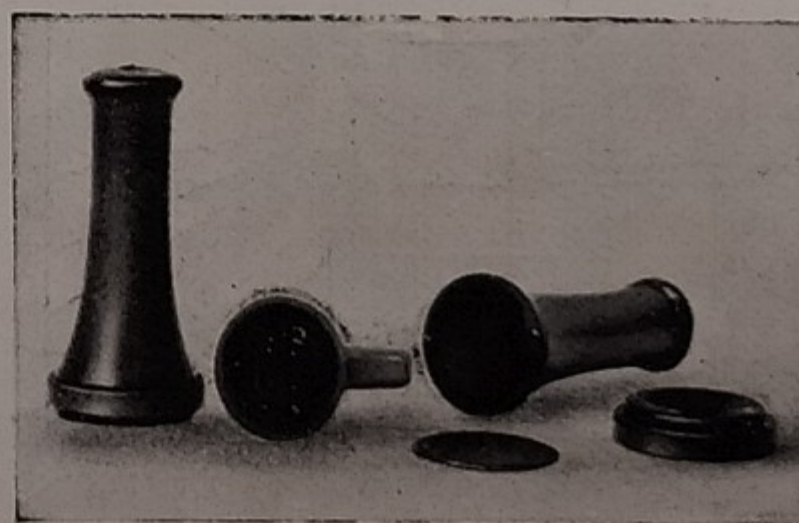



Fig. 259. — Ricevitore telefonico scomponibile.

(*Off. Galileo*).

Il microfono, inventato dall'*Hugues*, costituisce l'apparecchio tra-

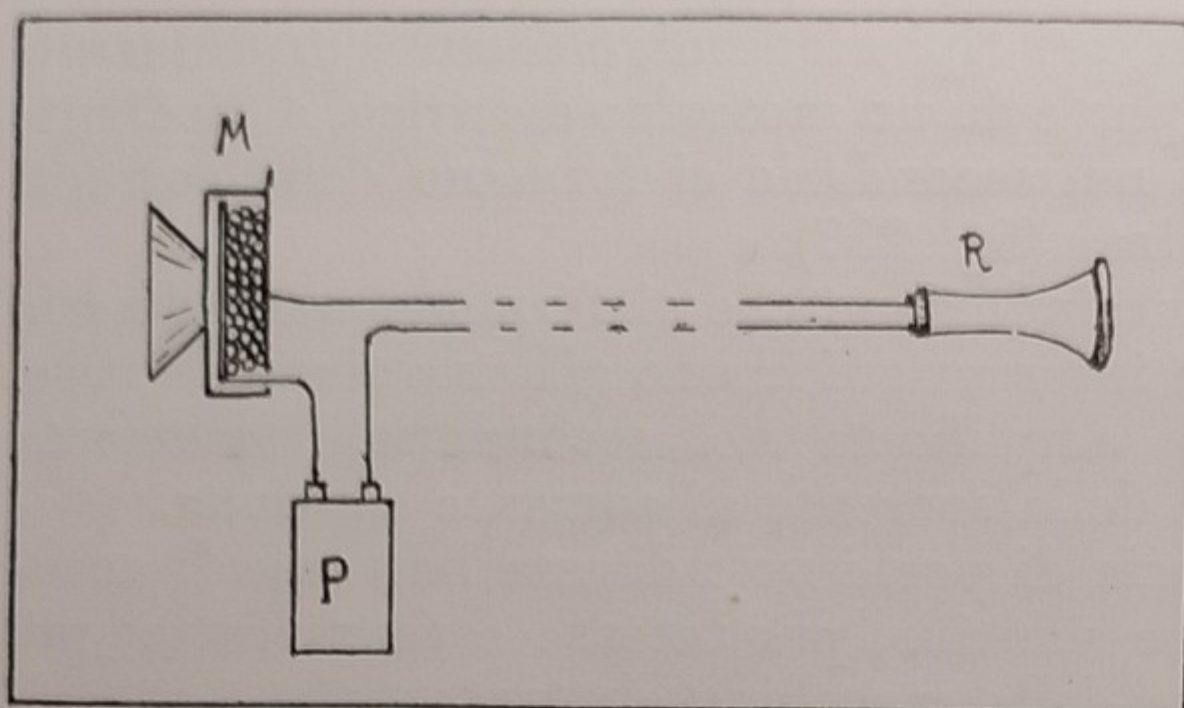



Fig. 260. — Schema di un circuito telefonico con microfono.

M è un microfono a granuli di carbone, davanti a cui si parla. Le vibrazioni sonore modificando la resistenza del circuito in cui sono inseriti la pila *P* ed il telefono ricevitore *R*, producono delle correnti variabili che il telefono rivela come suoni.

smettitore, cioè l'organo che trasforma le vibrazioni dell'aria in variazioni di una corrente elettrica.

Nel microfono la corrente elettrica di una pila (fig. 260) attraversa una capsula contenente dei granelli di carbone, appoggiati ad una lamina, o *diaframma,* davanti a cui si parla. I piccoli movimenti a cui sono soggetti i granelli di carbone quando il diaframma vibra, si traducono in variazioni di intensità della corrente, che percorre il circuito. Queste variazioni di corrente ripetono tutti i caratteri del suono che le hanno prodotte, e riproducono fedelmente nel ricevitore il suono stesso che viene così percepito anche a grande distanza.

In pratica un impianto telefonico deve permettere la comunicazione di ogni apparecchio con qualunque altro della rete. Oramai ciò può avvenire *automaticamente,* cioè senza l'intervento della mano dell' uomo, anzi molto più rapidamente e sicuramente.

Fig. 261. — Schema di un altoparlante.

La corrente telefonica percorre un rocchettino *B* di poche spire, molto leggero, saldato ad un cono di cartone *C.* Il rocchetto è immerso in un potente campo magnetico generato dall'elettrocalamita *E,* e vibra sotto l'azione della corrente telefonica che giunge per la linea *L,* facendo vibrare energicamente anche il cono di cartone. *A* è il circuito della corrente continua che eccita l'elettromagnete *E.*

Gli *altoparlanti* sono ricevitori telefonici capaci di riprodurre il suono con grande intensità e fedeltà. Nei tipi moderni, che funzionano solo se la corrente microfonica è stata previamente amplificata dalle *valvole termoioniche,* di cui parleremo più avanti, il campo magnetico è prodotto

da un potente elettromagnete ed è il circuito stesso che vibra trascinando nel suo movimento un cono di cartone (fig. 261). La voce di un oratore ricevuta da un microfono ed amplificata da un altoparlante può essere udita da molte migliaia di spettatori.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XXVI.

* *Antonio Pacinotti, professore dell'Università di Pisa, aveva scoperto e brevettato fino dall'anno 1864 il suo indotto ad anello che risolveva radicalmente il problema della produzione di correnti continue.*

Sia per modestia, sia perchè assorto in altri studi, non pensò di sfruttare la sua invenzione, ed i suoi progetti vennero utilizzati più tardi dal francese Gramme, che ne godette i beneficî e, per qualche tempo, anche tutta la gloria. Anche Galileo Ferraris, professore all'Università di Torino, non ritrasse alcun utile dalla sua scoperta. Eppure le sue applicazioni e la sua portata teorica sono veramente eccezionali!

Il telefono di Antonio Meucci, fu riprodotto molto più tardi dall'americano Bell, che seppe trarne i più grandi beneficî; ma oramai i meriti di questi tre grandi italiani sono riconosciuti da tutti.

** *Oggi ho staccato il piccolo trasformatore, che alimenta a corrente alternata il campanello elettrico di casa, per guardare come è fatto. Il secondario ha due tensioni di 4 e di 10 volta. Ammaestrato dalla bruciatura precedente, ho applicato la nuova lampadina ai capi della tensione di 4 volta e non a quelli di 10: la lampadina si è accesa senza inconvenienti.*

Ora che riesco a qualche cosa, lo zio mi ha comperato una bella cuffia telefonica, con due padiglioni, ed un trasformatore per accendere la valvola termoionica che mio padre mi regalerà, forse, presto.

Intanto, attorno ad un tubo di cartone ben secco del diametro di 4 cm., ho avvolto 100 spire di filo di rame isolato da 5 decimi di millimetro di diametro, ed ho così pronta una induttanza per ricevere l'onda delle stazioni radiofoniche di Europa.

*** *Il Professore ci ha promesso di accompagnarci a visitare un grande impianto elettrico od una stazione radiotelefonica dell'Eiar.*

CAPITOLO VIII.

La scarica elettrica nei gas. Nuove radiazioni.

189. L'aria è ionizzata. — La scintilla elettrica non è, come osservammo, una fiamma che si esaurisce nei fenomeni luminosi e calorifici, che tutti percepiamo facilmente e direttamente, ma un fenomeno ricco di aspetti interessanti. Anzitutto la lunghezza della scintilla prodotta da una determinata differenza di potenziale, per esempio di 10.000 volta, non è costante ma dipende dalle condizioni dell'aria; e già sappiamo che i corpi carichi di elettricità, anche se ben isolati, perdono la loro carica dopo un certo tempo che può essere anche di qualche ora, ma che, talora, è brevissimo.

Fig. 262. — SCARICA IN UN TUBO CON ARIA A DIVERSE RAREFAZIONI.

In *A* la pressione è di 50 mm. di mercurio e la scarica è filiforme: ha perso l'andamento a zig-zag, caratteristico dei fulmini.

In *B* la pressione è di pochi mm.; la scarica, meno luminosa, occupa tutta la larghezza del tubo, e si è staccata dal *càtodo*.

In *C* con ulteriore rarefazione, la scarica è debolmente luminosa e stratificata. Nelle vicinanze del càtodo il tubo acquista un colore verde giallastro caratteristico.

L'aria, insomma, è conduttiva perchè in essa alcune molecole o gruppi di molecole si trovano allo stato di *ioni positivi* o *negativi*, cioè sono cariche di elettricità; questi ioni prima attratti e poi respinti dai corpi elettrizzati, sottraggono a questi la loro carica, cioè li scaricano.

Per quanto l'aria venga asciugata, scaricata e filtrata per liberarla dagli ioni che essa contiene, questi tendono sempre a riformarsi a causa delle *radiazioni cosmiche*, che penetrano ovunque e sembrano provenire da ogni punto dello spazio celeste.

È la presenza di questi ioni che, posti in moto dalla differenza di potenziale che esiste tra due corpi elettrizzati, provoca la formazione di altri ioni ed in definitiva, sempre in un tempo brevissimo, la scarica rapida e luminosa, a tutti nota, non appena il gas, è divenuto sufficientemente conduttore.

La durata della scintilla è di solito molto breve: qualche millesimo di secondo; ma il fenomeno è sempre molto complesso anche a pressione ordinaria.

Fig. 263. — Scarica positiva.

In questo tubo vi è una pressione gassosa di qualche centimetro. Gli *ànodi* sono tre; il catodo è il disco che sta a destra. Le tre scariche positive partenti dagli ànodi si incurvano per raggiungere il càtodo. (*Off. Galileo*).

190. Scarica nei gas rarefatti. — Se in un tubo chiuso di vetro, pieno d'aria, si fa passare la scintilla elettrica e con una buona pompa pneumatica si comincia ad estrarre l'aria, la scintilla si allarga fino ad occupare tutta la larghezza del tubo, diviene meno violacea e più biancastra, e comincia a staccarsi dal *càtodo*, cioè dall'elettrodo negativo, fino a sparire del tutto quando la pressione dell'aria è ridotta ad 1/1000 di atmosfera circa (fig. 262).

Ancora prima che ciò avvenga, comincia a partire dal càtodo una *radiazione* invisibile, detta *catodica*, che illumina il tubo di una luce verde caratteristica, specialmente nelle parti di fronte al càtodo.

Fig. 264. — Scarica negativa.

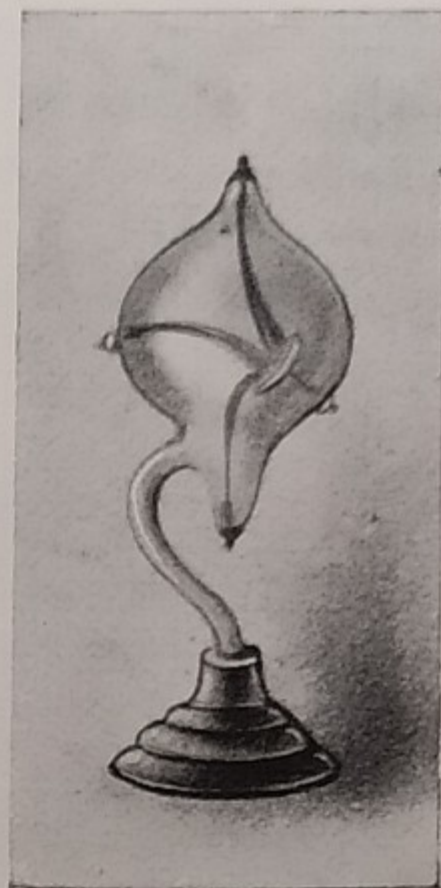
In questo tubo vi è il vuoto molto spinto ($\frac{1}{1000}$ di mm.).

Vi sono sempre tre anodi ed un càtodo; la scarica positiva è scomparsa, quella negativa parte perpendicolarmente al catodo e prosegue in linea retta rendendo luminosa la parte opposta del tubo di luce verde. (*Off. Galileo*).

Mediante l'azione di forti campi elettrici o magnetici è stato constatato che la luce che parte dall'*ànodo*, o polo positivo, trasporta cariche elettriche positive (fig. 263) ed atomi materiali, e che la radiazione catodica, trasporta cariche elettriche negative, formate esclusivamente di *elettroni*.

Infatti questi ultimi vengono deviati da un magnete come se fossero un filo conduttore percorso da una corrente di senso opposto a quello convenzionale; le particelle costituenti i raggi catodici, cioè gli elettroni, non hanno massa materiale ma solamente inerzia apparente, e sono tutti uguali qualunque siano la natura del gas contenuto nel tubo ed il metallo di cui è formato il càtodo (fig. 264).

191. Proprietà dei raggi catodici. — I raggi catodici vanno in linea retta perpendicolarmente al càtodo (fig. 265); riscaldano fortemente e possono anche fondere gli oggetti che colpiscono; non escono dal tubo e rendono luminosi certi corpi su cui cadono.

Urtando contro un metallo pesante e poco fusibile (platino, nichel, tungsteno), producono

altri raggi invisibili, detti *X*, o meglio, *Roentgen*, dal nome del loro scopritore. Per produrre in grande quantità i raggi X, si usano tubi speciali (fig. 266). I raggi catodici cadono nel centro di questi tubi ove si trova l'*anticàtodo*, dalla cui superficie partono, in tutte le direzioni, i raggi X.

192. Proprietà dei raggi di Roentgen. — I raggi di Roentgen sono della stessa natura di quelli luminosi, ma ne differiscono per la loro *enorme frequenza*.

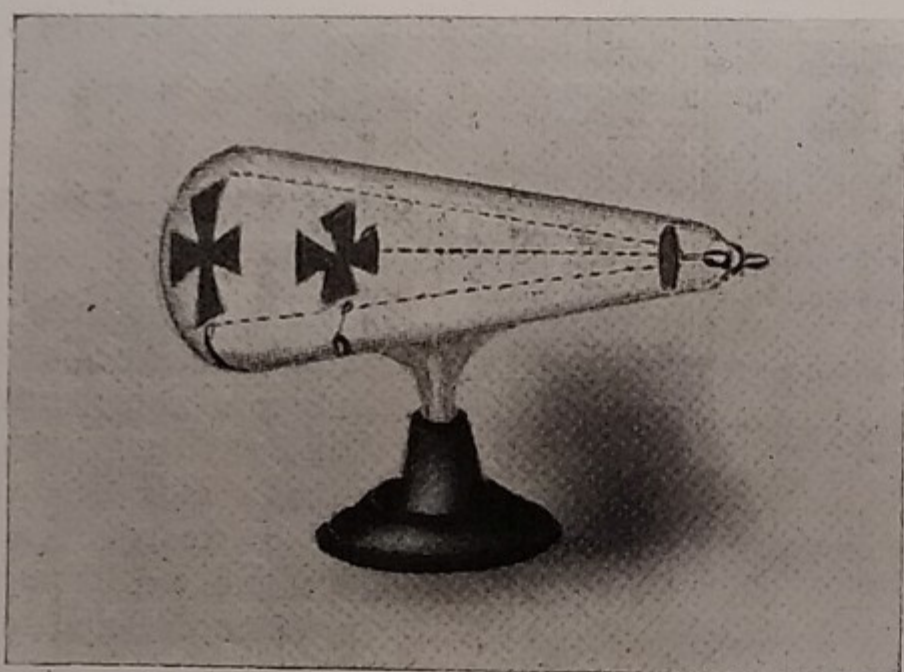



Fig. 265. — I RAGGI CATODICI VANNO IN LINEA RETTA.

Il càtodo sta a destra. Vicino alla parte centrale vi è una croce di alluminio, la cui ombra, sulla parete di sinistra del tubo, ha la stessa forma della croce. Ciò non avverrebbe se i raggi catodici non andassero in linea retta. (*Off. Galileo*).

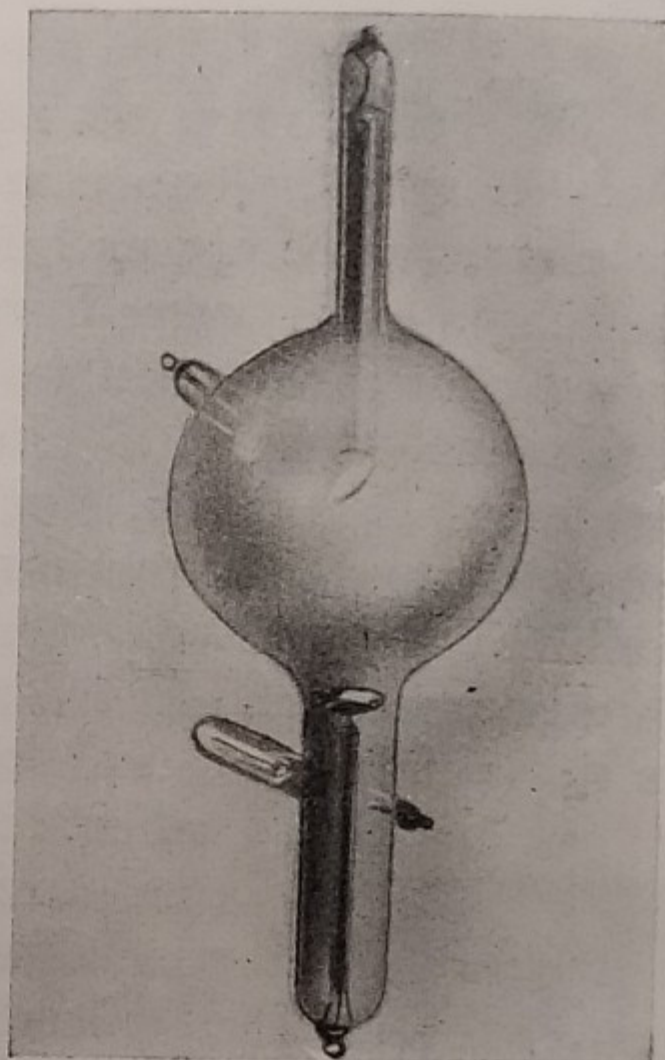



Fig. 266. — TUBO PER PRODURRE RAGGI ROENTGEN.

Nel centro del globo, rivolto a destra verso il basso vi è l'*anticàtodo* di tungsteno. Il *càtodo* sta in basso ed ha la forma di specchietto concavo.

L'ànodo sta in alto, a sinistra. Il tubicino a sinistra, in basso, serve a *rigenerare* il tubo. (*Off. Galileo*).

Sono stati rivelati dalle loro proprietà fotografiche, per cui possono impressionare la lastra fotografica anche se racchiusa nelle scatole di cartone, che servono a proteggerle dalla luce. Essi attraversano dunque anche certi corpi opachi, come i tessuti vegetali e certi tessuti animali. I metalli sono tanto più opachi quanto più sono pesanti: in piccolo spessore, anche l'alluminio è trasparente.

Le ossa umane, che contengono molto *calcio*, sono meno trasparenti dei tessuti molli come la pelle ed i muscoli: esse gettano quindi su di una lastra fotografica esposta ai raggi X, un'ombra più forte, per esempio, delle altre parti della mano (fig. 267). Siccome questi raggi rendono luminosi il *platinocianuro di bario* od il *solfuro di zinco*, uno schermo di cartone ricoperto di queste sostanze permette la visione diretta dell'ombra delle ossa del corpo umano su questa superficie (*radioscopia*) (fig. 268).

I medici riconoscono così facilmente la conformazione degli organi interni del nostro corpo, le loro anomalie, la frattura delle ossa e possono studiarle prima di fare atti operativi.

Analogamente esponendo ai raggi X un borsellino di pelle chiuso, si vedono, su uno di quegli schermi, le monete contenute ed i pezzi metallici di cui è formato, come se la pelle fosse trasparente.

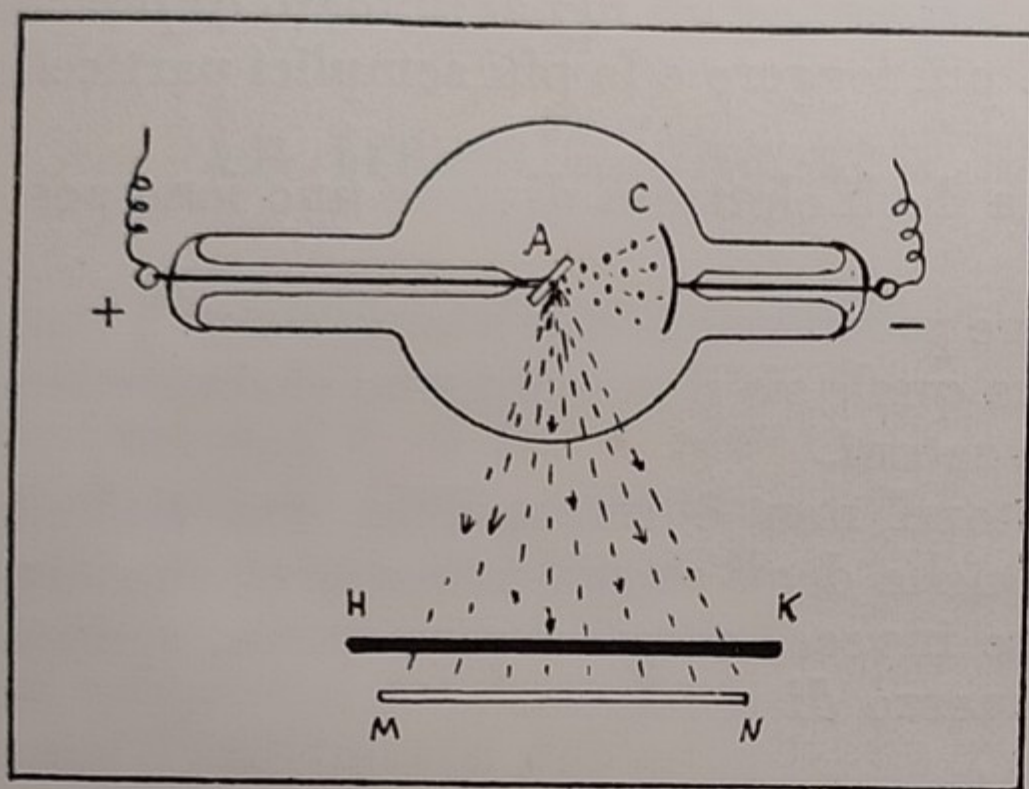



Fig. 267. — Disposizione per fare una radiografia.

C è il càtodo, *A* l'anticàtodo del tubo per raggi X. L'oggetto da radiografare deve essere posto nel piano *H K*. Parallelamente a questo ed il più vicino possibile si pone, al di là, una lastra fotografica od una pellicola avvolte in carta nera.

Fig. 268. — Radiografia di una mano.

Infine i raggi di Roentgen ionizzano l'aria e sono un mezzo importante di indagine, per studiare la costituzione della materia.

L'uso prolungato dei raggi X è dannoso non solo agli organi colpiti direttamente da essi, ma a tutto l'organismo umano.

193. Radioattività. — Altre ricerche sulla *fluorescenza*, cioè sulla luminosità acquistata da certe sostanze colpite da radiazioni visibili ed invisibili, hanno permesso di scoprire che certi minerali pesanti ionizzano spontaneamente l'aria. Isolando da detti minerali le parti più efficaci, si ricavano certe sostanze capaci di emettere *spontaneamente* luce e calore e di perdere di peso contrariamente al principio della conservazione dell'energia ed a quello della conservazione della materia.

Tali sostanze si dicono *radioattive*.

Fra tutti i corpi radioattivi il più efficace è il *radio* (1), metallo pe-

(1) Da non confondersi con «la Radio» termine ormai usato da tutti per indicare le molteplici manifestazioni della radiotelefonia.

sante rarissimo e costosissimo. I suoi atomi lanciano a velocità enormi delle particelle cariche di elettricità positiva (raggi *alfa*), degli elettroni (raggi *beta*) e dei raggi simili a quelli X, ma molto più penetranti (raggi *gamma*).

Lo studio della radioattività ha fatto conoscere che da tutti gli atomi, oltre che elettroni, possono ricavarsi atomi o meglio *nuclei* di elementi meno pesanti. In definitiva tutti gli atomi non ionizzati, contengono un certo numero di elettroni ed un ugual numero di *protoni* o nuclei di idrogeno, che sono le più leggere e le più semplici particelle di materie conosciute.

Se l'atomo perde od acquista degli elettroni diviene uno ione positivo o negativo.

I nuclei occupano una regione piccolissima dell'atomo e non è stato ancora possibile dire con sicurezza quale sia il meccanismo che mantiene uniti in esso gli elettroni ed i protoni.

La disintegrazione degli atomi non è impossibile, ma richiede un'enorme quantità d'energia. Quella degli atomi radioattivi, che sono pochissimi e molto rari, avviene invece, come accennammo, spontaneamente, nè si conosce alcun mezzo di regolarla.

DAL "DIARIO" DI GUGLIELMO.

XXVII.

** Le esperienze di elettrostatica riescono male o non riescono, in un ambiente ove siano riunite parecchie persone: pare che l'aria divenga ricca di ioni che rendono conduttrice l'aria della stanza.*

*** Ho visto qualche effetto di questi misteriosi raggi catodici, cioè di questi elettroni liberi che si muovono nel vuoto con velocità di alcune migliaia di chilometri al secondo. Bellissima appare, nell'oscurità la fluorescenza di certe sostanze solide depositate su certe parti dei tubi. Sotto l'azione della scarica elettrica positiva anche i gas contenuti nei tubi diventano luminosi. Il neon, dà una luce arancione, l'argon una caratterisitica luce azzurra. Mia madre usa, come lampada da notte, una lampada contenente neon, che consuma pochissima energia elettrica e produce una luce scialba.*

**** Con l'apparecchio dei raggi X ho visto anche le ossa della mia mano; di un compagno, che da bambino si era fratturato l'avambraccio, abbiamo visto il luogo della frattura ed il callo osseo che ha risaldato le parti dell'osso.*

**** *Il Professore ci ha detto che molte acque minerali sono radioattive e che questa loro proprietà si perde dopo poco tempo. Il radio invece impiega duemila anni a trasformare in emanazione la metà del suo peso. Anche il Sole contiene certamente sostanze radioattive.*

CAPITOLO IX.

La trasmissione dell'energia a distanza.

194. Onde elettromagnetiche. — Collo studio della fotografia delle scintille elettriche si è scoperto che la scarica elettrica, per quanto brevissima, non è, di solito, continua nè di senso costante, come la corrente d'acqua in un tubo che serve a vuotare un recipiente, ma è *oscillante*, come il movimento dell'estremità libera di una molla rettilinea o dei punti di una corda tesa, prima di tornare nella posizione di riposo.

Fig. 269. — Oscillatore di Hertz.

La scintilla prodotta dal rocchetto *R*, scarica attraverso le sferette *A*, *A*, la carica elettrica accumulatasi sulle grosse sfere *B*, *B*. Poichè la resistenza è piccola, la scarica è oscillante.

La durata di ogni singola oscillazione dipende dalla capacità elettrica dei corpi che si scaricano e dalla energia elettromagnetica che il circuito di scarica richiede per essere mantenuto in oscillazione, così come la durata dell'oscillazione di un pendolo dipende dalla sua lunghezza e dall'energia di gravità (fig. 269).

Nello spazio circostante ad un circuito di scarica oscillante (che per essere tale deve avere piccola resistenza) si formano dei campi magnetici rapidamente alternati, cioè delle perturbazioni elettromagnetiche. Queste non restano ove si sono formate, ma si allontanano dal circuito generatore sotto forma di onde sferiche, così come l'urto di un sasso sulla superficie dell'acqua, genera delle onde che dilagano circolarmente e con velocità indipendente dalla natura dell'urto.

È stato provato in molti modi che la natura e la velocità di propagazione di queste *onde elettromagnetiche* (1), sono uguali a quelle

(1) Od *Hertziane* da Enrico Hertz, loro scopritore.

della luce. Esse si propagano dunque per mezzo di quella sostanza immateriale che si chiama *ètere* e che si trova dappertutto.

Anche il meccanismo delle onde elettromagnetiche è simile a quello delle onde luminose; la differenza consiste solamente nella *diversa frequenza:* le onde elettromagnetiche corrispondono infatti alle più lente vibrazioni dell'etere.

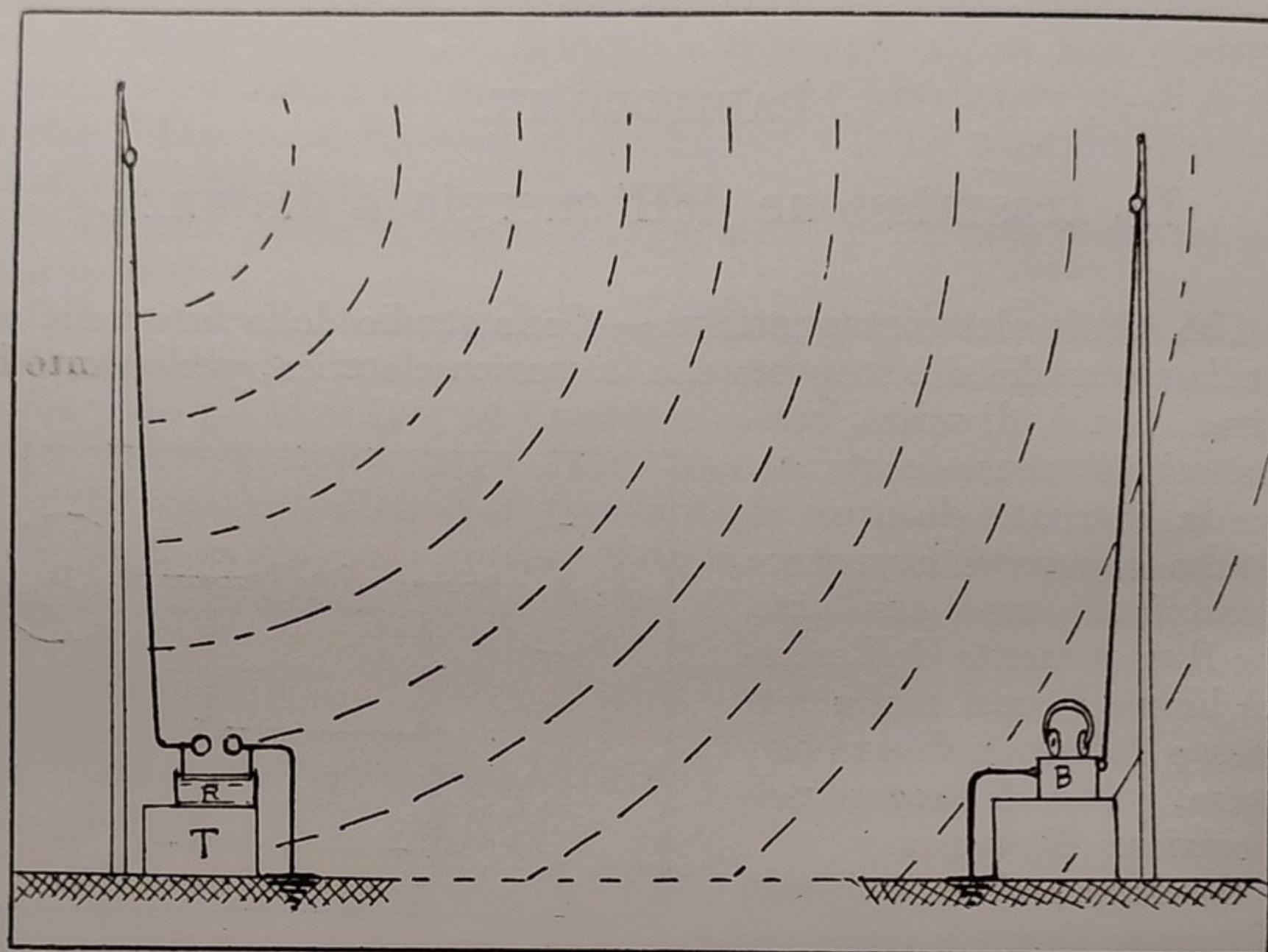



Fig. 270. — L'antenna di Marconi per irradiare e captare le onde elettromagnetiche.

L'antenna non è che un conduttore isolato, che si eleva nell'aria restando collegato col suolo; è capace di oscillare elettricamente per emettere onde elettromagnetiche e di *risuonare* quando è colpito da onde di lunghezza determinata. Come si vede nella stazione trasmittente *T* di destra, alle grosse sfere dell'oscillatore di Hertz, Marconi sostituì da una parte l'antenna, dall'altra la terra.

In *B* il ricevitore deve essere collegato tanto con l'antenna che col suolo. Il primo rivelatore di onde elettromagnetiche fu scoperto dall'italiano Calzecchi-Onesti.

Noi abbiamo già studiato le altre specie di radiazioni dell'etere; dunque ora possiamo elencarle così, in ordine di frequenza crescente:

Radiazioni					
Radiazioni	elettromagnetiche:	frequenze	da 10000 a 3 bilioni	di vibrazioni	al secondo
»	calorifiche	»	inferiori a 375 trilioni	»	»
»	luminose	»	da 375 a 750 trilioni	»	»
»	ultraviolette	»	maggiori di 750 trilioni	»	»
»	di Roentgen	»	di quadrilioni	»	»
»	cosmiche	»	di quintilioni	»	»

195. La marconigrafia. — Le onde elettromagnetiche sono impercettibili. Il *Marconi* riuscì pel primo ad utilizzarle come *telegrafo senza fili*, cioè ad avviarle attraverso lo spazio colla cadenza convenzionale dei segnali Morse. Ma la loro rivelazione era nei primi tempi molto difficile e nessuno voleva credere che si potessero propagare a grandi distanze.

Fig. 271. — Schema di una valvola termoionica.

Un filamento $F F$ è scaldato da una corrente elettrica e può emettere elettroni, trovandosi nel vuoto. Una lastra metallica P (placca), portata ad un potenziale positivo, attira gli elettroni che sono costretti a passare attraverso le maglie della rete metallica G (griglia). Variando il potenziale di questa rispetto al filamento, si regola facilmente la corrente degli elettroni.

Il Marconi inventò intanto l'*antenna* (fig. 270) cioè un lungo filo verticale ed isolato, messo in comunicazione colla Terra, che costituisce una volta eccitato un circuito oscillante fortemente irradiante e capace non solo di lanciare ma anche di raccogliere le onde propagantisi nello spazio.

Egli riuscì anche a provare che le onde elettromagnetiche, anzichè andare in linea retta, seguono la curvatura della Terra. Nel dicembre del 1901, i segnali emessi in Cornovaglia furono ricevuti al di là dell'Atlantico. Il Marconi perfezionò sempre più gli apparecchi e studiò il problema dell'accordo dei circuiti e della separazione delle diverse onde; a lui si deve se le navi sono oggi dotate di un mezzo che permette di chiedere soccorso in caso di pericolo e di orientarsi anche nella nebbia più fitta.

196. Radiotelefonia. — La marconigrafia si perfezionò ben presto nella *radiotelefonia*, cioè divenne capace di trasmettere a distanza ed in tutte le direzioni il suono, con tutte le sue sfumature.

Ciò fu praticamente possibile grazie all'impiego delle valvole *termoioniche* (fig. 271). Ogni valvola ha un *càtodo*, o filamento riscaldato da una corrente ausiliaria, che è capace di emettere elettroni; esso è posto nel vuoto di un tubo di vetro, che assomiglia ad una lampadina elettrica, ove stanno due altri elettrodi.

Fig. 272. — Una piccola valvola termoionica.

L'uno esterno, l'ànodo, detto *placca*, è costantemente mantenuto ad un potenziale maggiore di

quello del filamento, mediante una sorgente di corrente continua. Si forma allora nella valvola una corrente di elettroni che va dal filamento verso la placca e chiude il circuito della sorgente elettrica esterna. Poichè gli elettroni possono muoversi solo dal filamento alla placca la corrente nel circuito di placca, può andare in un solo senso: di qui il nome di *valvola*.

Un terzo elettrodo forato, detto *griglia*, è posto fra gli altri due, e regola, mediante la tensione ad esso applicata, la corrente di elettroni, intensificandola se la griglia è positiva, frenandola se è negativa rispetto al filamento. Basta una lieve variazione nella tensione di griglia, per avere una forte variazione di corrente nel circuito di placca.

La valvola termoionica che, dopo la pila elettrica, è forse il più meraviglioso strumento che la scienza abbia messo a disposizione dell'uomo, può adempiere a tre differenti impieghi:

a) all'*amplificazione* grandissima e fedelissima di ogni debole corrente elettrica, e viene perciò usata in tutti i rami della tecnica;

b) alla trasformazione delle correnti alternate in correnti raddrizzate ed indirettamente alla *rivelazione* delle onde elettriche;

c) alla *generazione* di correnti oscillanti intense, di ampiezza costante, cioè, in pratica, di onde persistenti (figg. 272 e 273).

Fig. 273. — Una valvola termoionica trasmittente da 15 chilowatt.

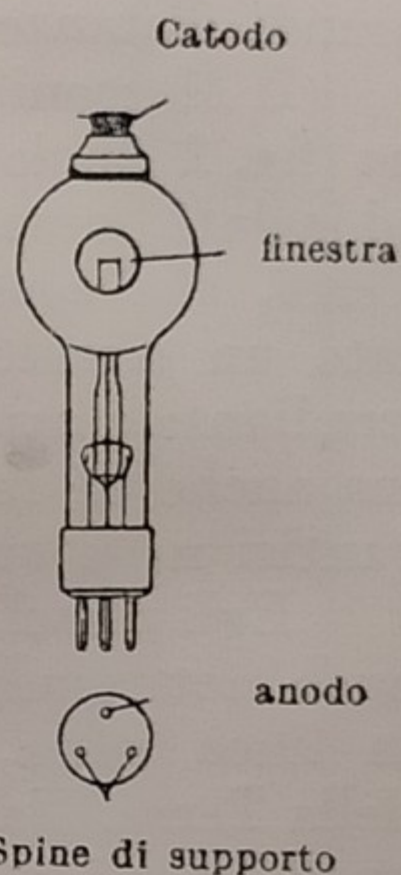



Fig. 274. — Schema di una cellula fotoelettrica.

Un raggio di luce che cada sul *càtodo* libera degli elettroni, in quantità proporzionale alle quantità di luce incidente.

L'ànodo raccoglie gli elettroni, formando una corrente elettrica *modulata*, come le variazioni dell'intensità luminosa.

Non è qui possibile trattenersi più a lungo sulle applicazioni dell'elettricità: solo aggiungeremo che la *televisione*, cioè la pratica risoluzione del problema della visione contemporanea ed a distanza qualunque di un fenomeno luminoso, ha fatto dei grandi passi da quando è stata scoperta la *cellula fotoelettrica* (fig. 274) strumento che trasforma in correnti elettriche modulate, le variazioni d'intensità luminosa della luce da cui viene colpita.

DAL « DIARIO » DI GUGLIELMO.

XXVIII.

* *La scarica di una bottiglia di Leyda e di un rocchetto di Rumkorff sono oscillanti. Il primo oscillatore di Marconi era formato da due sfere caricate elettricamente dal secondario di un rocchetto di Rumkorff e collegate l'una all'antenna, l'altra alla Terra.*

** *Per regolare la frequenza delle oscillazioni di un circuito si fanno variare e la capacità elettrica e l'induttanza del circuito. Il loro aumento fa diminuire la frequenza. Per accordare i circuiti riceventi di solito si usano dei condensatori variabili, come quello della figura 205 del libro, mettendoli in parallelo con una induttanza, come quella che già mi sono costruita.*

*** *E la valvola? Questa poi non me l'aspettavo!*

Avvicinandosi la fine dell'anno scolastico mio padre si è recato dal Preside ed ha saputo che i Professori sono contenti di me. Allora, sentito il parere dello zio, mi ha acquistato tutti i pezzi che ancora mi mancavano per montare la « radio »: un condensatore variabile; un condensatore fisso ben isolato da mettere alla presa della luce per non ricevere delle scariche pericolosissime e raccogliere invece le onde elettromagnetiche dai fili dell'impianto che funzionano come antenna; un blocchetto detto « falla di griglia » per rivelare i suoni trasportati dall'onda, ed infine una bella valvola « Zenith », bigriglia, di fabbricazione italiana.

Mio zio, che sa fare di tutto, oggi in meno di mezz'ora, sotto i miei occhi, ha montato tutti i pezzi, disponendoli su di una tavoletta provvisoria.

« L'estetica verrà poi » diceva sorridendo. Ma, sul più bello, mancava proprio la batteria di pile necessaria per alimentare la placca della valvola: se ne era dimenticato!

Io stesso sono corso dall'elettricista qui vicino, il mio rivale, per intenderci, ed ho acquistato otto pile per lampadine tascabili che disposte in serie formano una batteria di circa 32 volta.

Oramai, ho capito quasi tutto; meno però quel misterioso fatto della rivelazione dell'onda. Un'ora dopo, mio zio con un padiglione della cuffia, io con l'altro, ascoltavamo beati la voce di mastro Remo e seguivamo senza perdere sillaba il disegno radiofonico: il germe della televisione!

Quando la mamma tornò a casa, i cómpiti non erano ancora fatti, ma potevo dare ad essa delle utili spiegazioni sulla regolazione dell'apparecchio e sulla ricerca delle stazioni.

PARTE VIII.

METEOROLOGIA

197. — La *meteorologia* studia i fenomeni naturali che avvengono nell'atmosfera.

L'uomo vive nella parte più bassa dell'atmosfera, detta *troposfera*, i cui fenomeni dipendono certamente da ciò che avviene sopra di essa e di cui si conosce ancora ben poco.

198. — I fenomeni meteorologici sono tutti legati ai due movimenti principali della Terra, cioè al moto di rotazione della Terra attorno al proprio asse, che determina la successione dei giorni e delle notti, ed al moto di rivoluzione attorno al Sole che, assieme all'inclinazione dell'asse terrestre sul piano dell'*eclittica*, determina la successione delle stagioni (fig. 275).

Nelle variazioni degli elementi meteorologici si distinguono perciò un *periodo diurno* ed un *periodo annuale*.

Fig. 275. — Perchè si succedono le stagioni.

L'inclinazione dell'asse terrestre rispetto al piano dell'*eclittica*, determina un'ineguale esposizione dei punti della Terra ai raggi solari, nei vari periodi dell'anno.

La prima e la terza posizione corrispondono al solstizio d'inverno ed a quello d'estate dell'emisfero boreale. Quella intermedia, corrisponde agli equinozi. Si vede che l'arco A B descritto dal punto A nella seconda metà del periodo diurno di irradiazione solare, ha lunghezza diversa nelle diverse stagioni e che i raggi solari cadono a mezzogiorno su A, con diversa inclinazione.

Nell'emisfero australe, le stagioni sono opposte a quelle dell'emisfero boreale.

199. — Elemento caratteristico di ogni luogo della superficie terrestre, e da cui dipende la possibilità di vita degli animali e delle piante, è il clima. Il *clima* risulta dal-

l'insieme di tutti i fattori meteorologici, che sono, specialmente, la *temperatura*, l'*umidità* e la *pressione dell'aria*, e la *direzione dei venti dominanti*.

Il principale fattore del clima è la *temperatura media* annuale dell'aria, che si ricava facendo la media di tutti i valori della temperatura determinati dai termometri, ad intervalli regolari di tempo.

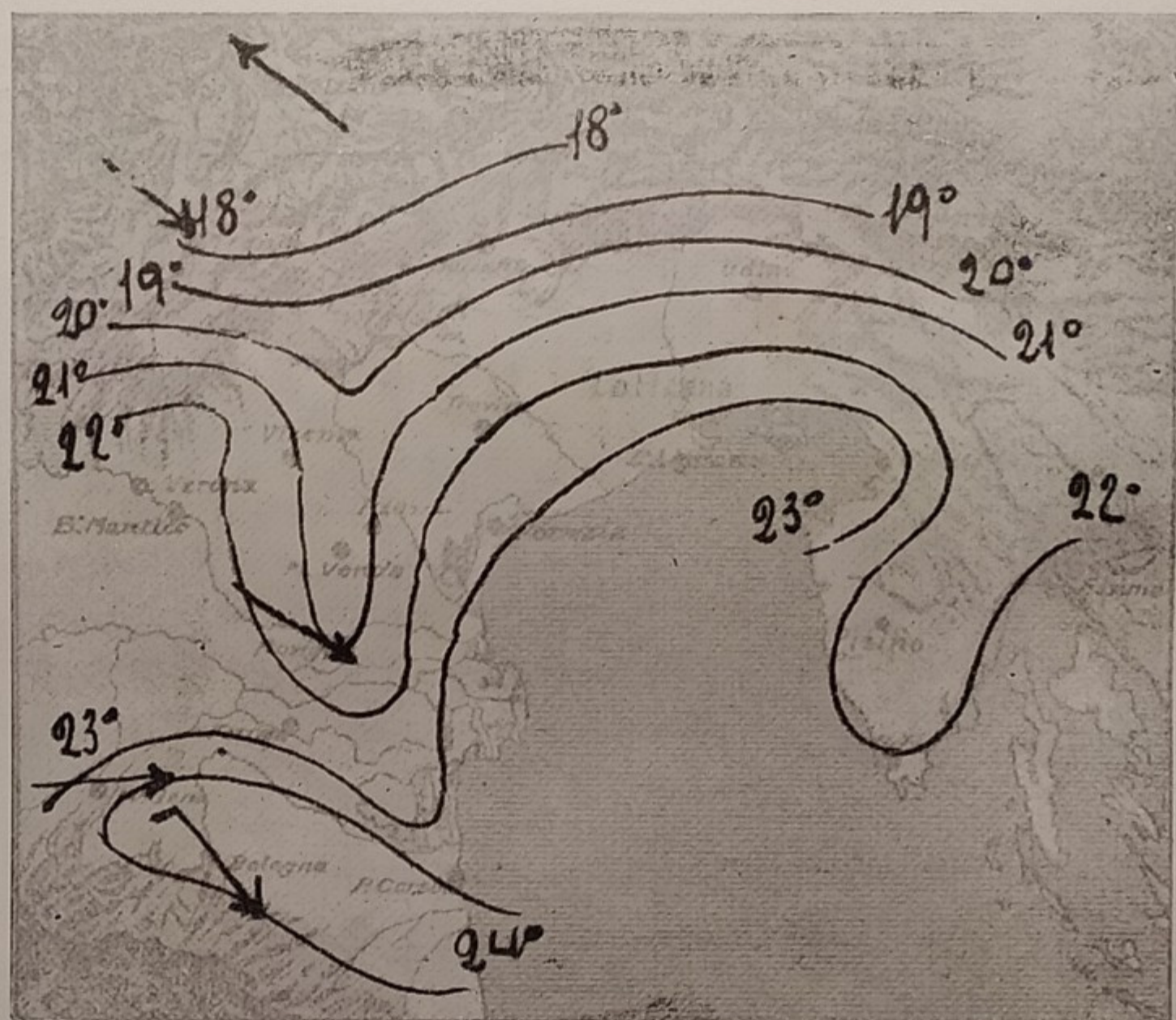



Fig. 276. — Una carta isotermica.

Le isoterme mostrano la distribuzione della temperatura alle ore 8 del 7 settembre 1930, nella regione veneta.

Il massimo diurno della temperatura si ha, ordinariamente, nelle prime ore del pomeriggio; il minimo, nei momenti precedenti l'alba.

La temperatura media dipende dalla *latitudine* del luogo; (si ricordi la divisione della superficie della Terra in *zona torrida, zone temperate*, e *zone glaciali*), dall'*altitudine*, e dalla posizione rispetto al mare ed ai venti dominanti.

Isoterme o *linee isotermiche*, sono le linee che, sulla superficie della Terra, si possono tracciare per riunire punti di uguale temperatura dell'aria (fig. 276).

Nella zona torrida e nelle zone glaciali, le isoterme sono all'incirca parallele ai *paralleli* terrestri, ma subiscono forti deviazioni nel passaggio dai continenti agli oceani. Infatti sugli oceani, che costituiscono il serbatoio naturale del calore terrestre, le variazioni della tempera-

tura sono molto più piccole che sui continenti: tutti sanno che il clima delle città di mare è sempre più dolce di quello delle altre città vicine.

In particolare la grande corrente marina calda del *Gulf-Stream,* che partendo dal golfo del Messico giunge a lambire le coste dell'Europa settentrionale, eleva notevolmente la temperatura media della Gran Bretagna e della Norvegia, rispetto ai luoghi di uguale latitudine della Russia e della Siberia.

Fig. 277. — Un anemometro registratore.

La banderuola indica la direzione del vento e la velocità del mulinello indica la velocità del vento. Sul cilindro verticale posto nella cassetta a sinistra si registrano contemporaneamente, da quale delle otto principali direzioni della rosa dei venti proviene il vento, e la velocità del vento (in basso).

200. I vènti. — Sono elementi caratteristici di ogni vento la sua *direzione* e la sua *velocità*. La direzione del vento è facile ad osservarsi con *banderuole* o con colonne di fumo; la seconda, invece è misurata dagli *anemometri* (fig. 277).

La circolazione dell'aria è strettamente legata alle differenze di temperatura, tra i punti della superficie terrestre. Infatti l'aria più calda tende a salire perchè più leggera: questa corrente d'aria ascendente provoca il movimento orizzontale di altra aria (fig. 278) alla superficie della Terra, che a noi si manifesta col vento.

Fig. 278. — Come il riscaldamento dell'aria provoca il vento orizzontale.

Sulla regione della Terra *T*, più fortemente riscaldata, si forma una corrente d'aria ascendente. Questa richiama da tutte le parti, alla superficie della Terra, le correnti orizzontali *B* e *C* che alimentano la corrente stessa.

Vi sono *vènti costanti,* come quelli che spirano al nord ed al sud delle regioni equatoriali verso l'Equatore, detti vènti *alisei,* e che alimentano la corrente d'aria calda

ascendente che esiste permanentemente sopra le regioni più calde del globo.

Vi sono *vènti regolari* o di *stagione*, come quelli che d'estate spirano dagli oceani verso l'interno dei continenti (*monsoni*) e d'inverno in senso opposto.

Vènti *locali* sono quelli che interessano una regione limitata della Terra che, come le *brezze*, spirano dal mare verso la terra o viceversa, lungo le coste dei mari e degli oceani.

Vi sono vènti *caratteristici* di una data regione, e che si formano per la concomitanza di varie cause, come la *bora* di Trieste, che ordinariamente dura tre giorni, ha delle raffiche con velocità anche di 110 km. all'ora, e si verifica otto o dieci volte in un anno.

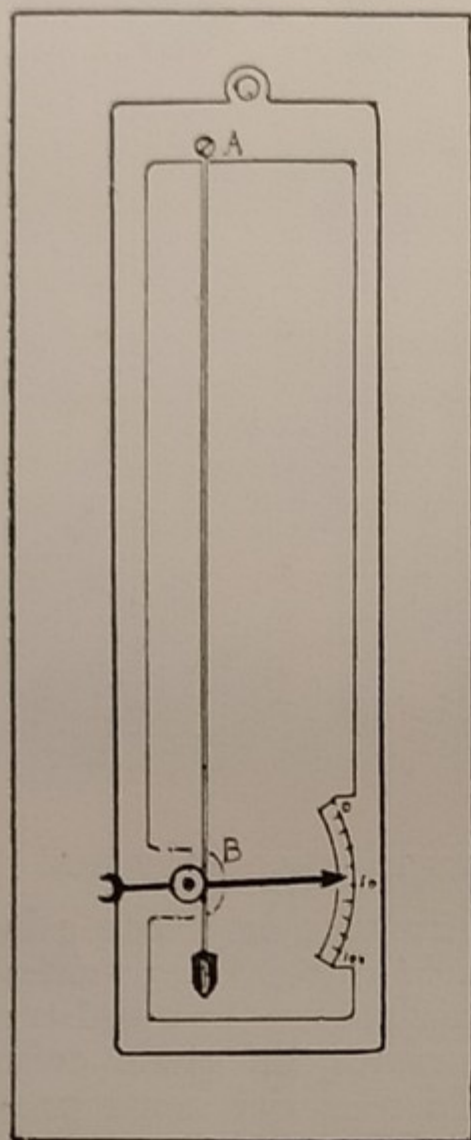



Fig. 279. — IGROMETRO A CAPELLO.

Un capello bene sgrassato, *A B*, varia di lunghezza secondo lo stato di umidità dell'aria. Le graduazioni dell'arco sono fatte in modo da leggere direttamente l'umidità relativa dell'aria.

201. L'umidità dell'aria, cioè la presenza di essa in una certa quantità di vapore d'acqua disciolto, si misura con gli *igrometri* di cui il più comune è quello a capello (fig. 279); il valore dell'umidità dipende dalla temperatura.

Nelle osservazioni metereologiche l'umidità si misura *percentualmente*, cioè con la quantità di vapor d'acqua disciolto nell'aria, riferita a quella che potrebbe esservi disciolta a quella temperatura, prendendo quest'ultimo valore, come valore 100 dell'umidità.

L'*umidità relativa* 100, indica dunque il punto di condensazione del vapore d'acqua.

L'aria è sempre più o meno umida: il suo raffreddamento favorisce dunque la condensazione del vapor d'acqua in *nubi* od in *nebbie*.

Le correnti d'aria ascendenti si raffreddano spontaneamente dilatandosi, e trovano inoltre regioni dell'atmosfera sempre più fredde. Esse sono dunque la principale causa delle *precipitazioni atmosferiche*, oltre che dei vènti.

202. La previsione sull'andamento del tempo e specialmente del regime dei vènti e della probabilità di precipitazioni in un dato luogo, è fatta soprattutto in base alle osservazioni della pressione atmosferica, cioè per mezzo dei *barometri*.

Infatti la presenza di aria calda ed umida e le correnti ascendenti che favoriscono le precipitazioni, determinano una diminuzione del peso dell'atmosfera che i barometri accusano come diminuzione

di pressione: questo è un segno quasi certo di peggioramento del tempo.

Se fra due punti della superficie terrestre allo stesso livello ed alla stessa temperatura esiste una differenza di pressione, l'aria tende a muoversi verso quello che ha pressione minore: si può dunque prevedere la formazione dei vènti e l'annuvolamento di una data regione.

Perchè il confronto delle pressioni atmosferiche sia utile, occorre ridurre la lettura barometrica al livello del mare ed alla temperatura di 0°, come è stato appunto convenuto di fare da tutti gli *osservatori metereologici*.

Fig. 280. — Una carta isobarica.

Si vedono le principali *isobare* delle ore 8 del 21 settembre 1930, su tutta l'Europa. La cartina fa parte del Bollettino Meteorografico del R. Magistrato alle acque di Venezia.

203. — Si dicono *aree cicloniche* o *cicloni*, le regioni della Terra nelle quali esiste la minima pressione atmosferica, rispetto a tutti i punti circostanti; *aree anticicloniche* od *anticicloni*, quelle di massima pressione. Nei cicloni i vènti spirano tutti verso il centro dell'area, sul quale devono esistere correnti ascendenti e quindi precipitazioni. Per effetto della rotazione della Terra, però, nel nostro emisfero, tutti i

vènti sono deviati verso destra; essi tendono perciò a girare in senso contrario alle lancette dell'orologio attorno al centro del ciclone, che si sposta a sua volta sulla superficie della Terra secondo leggi e traiettorie abbastanza note.

Agli studiosi riesce possibile fare delle previsioni sull'avvicinarsi o meno di un ciclone, avendo a disposizione le *carte isobariche* (fig. 280).

Fig. 281. — Cristalli di neve.

Esse sono tracciate riunendo su di una carta geografica, per esempio su quella dell'Europa, con linee dette *isòbare,* tutti i punti che in un dato momento hanno la stessa pressione atmosferica. Una linea isòbara riunirà tutti i punti che hanno la pressione di 760 mm. di mercurio, un'altra quelli che hanno 761 mm. e così di seguito. Allora si scorge chiaramente sulla carta geografica ove si trovino le aere anticicloniche, che, in generale, favoriscono il bel tempo.

Questi studi non sarebbero possibili se in tutti i paesi civili non vi fossero appositi *osservatori meteorologici* che, due volte al giorno, raccolgono tutti i dati (temperatura, pressione, umidità, forza e di-

Fig. 282. — L'ARCOBALENO.

Il centro dei due archi colorati sta sulla congiungente il Sole, che si trova alle spalle dell'osservatore, coll'osservatore stesso. L'arco interno ha il rosso nella parte esterna, il violetto all'interno; viceversa per l'arco esterno, che di solito è meno intenso. È raro che gli archi siano completi, perchè le gocce d'acqua a cui è dovuta la dispersione dei raggi solari, non si trovano sempre in tutte le regioni del cielo o non sono tutte illuminate dal Sole.

rezione del vento, nebulosità) e li trasmettono telegraficamente ad un ufficio centrale. In Italia ve ne sono due, a Roma ed a Venezia, che fanno le previsioni del tempo per le ventiquattro ore successive e pubblicano un bollettino quotidiano.

204. Precipitazioni atmosferiche. — Oltre la *pioggia*, che è necessaria alla vegetazione e la cui quantità si misura con i *pluviometri*, sono molto comuni la *rugiada* e la *brina*. La rugiada è prodotta dalla condensazione dell'umidità dell'aria sui corpi esposti all'aperto; essa si forma soprattutto durante le notti in cui la trasparenza dell'aria permette una forte irradiazione del calore del suolo, e quindi un forte raffreddamento. La *brina*, si forma invece in simili condizioni, quando la temperatura scende sotto 0°. Le brinate sono favorite dai vènti deboli e freddi.

La *neve* e la *grandine* sono dovute alla solidificazione delle gocce d'acqua di cui sono formate le nubi. La neve cade quando il congelamento avviene lentamente ed in atmosfera abbastanza tranquilla, ed allora l'acqua è *cristallizzata* (fig. 281); la *grandine* si forma invece quando le correnti d'aria ascendenti sono tanto violente che le gocce di acqua, malgrado il loro peso, sono trascinate verso l'alto in regioni sempre più fredde dell'atmosfera, ove solidificano e continuano ad aumentare di volume.

Fortunatamente la grandine è un fenomeno locale e di breve durata.

205. — Fra i *fenomeni ottici* dell'atmosfera ricorderemo:

a) L'*arcobaleno*, doppio arco colorato di tutti i colori dello spettro, che ha il centro nel punto del cielo opposto al Sole rispetto all'osservatore, e che si vede solo quando, in quella regione del cielo, la luce del Sole illumina le gocce di pioggia. Infatti i raggi solari attraversando le gocce d'acqua subiscono il fenomeno della dispersione della luce e sono diffusi in modo che l'osservatore vede solamente quelli che formano angoli determinati con la retta che passa per il Sole e per le spalle dell'osservatore (fig. 282);

b) gli *aloni solari* e *lunari*, cerchi biancastri che circondano il Sole o la Luna, quando l'alta atmosfera è cosparsa di nubi leggere, formate da cristallini di ghiaccio;

c) L'*aurora boreale*, fenomeno rarissimo nelle nostre regioni, ma abbastanza comune nelle alte latitudini, in cui il cielo di notte, appare attraversato da nastri luminosi paralleli, di colore arancio giallastro, lentamente fluttuanti ed evanescenti. Si ritiene che essa sia dovuta ad un intenso affluire di elettroni dagli spazi celesti nell'alta atmosfera; è sempre accompagnata da perturbazioni del magnetismo terrestre.

CHIMICA

CHIMICA

CAPITOLO I.

Di che cosa si occupa la Chimica.

Corpi e sostanze. — Molte volte guardando od usando un oggetto, viene naturale di domandare: di che cosa è fatto? Vi sentite rispondere ad esempio: è fatto di ferro, oppure di rame, d'oro, di vetro, d'avorio, di marmo, ecc. Voi cioè cercate con la vostra domanda di sapere di che natura è la *sostanza* che forma quel dato oggetto. Mentre per molti oggetti la risposta vi può essere data da qualsiasi persona adulta, per moltissimi altri una risposta sicura ve la potrebbe dare soltanto, per bocca dei suoi studiosi, quella scienza che si chiama *Chimica*. Essa è appunto la scienza che indaga la natura delle sostanze svariatissime che formano gli oggetti naturali e quelli che l'uomo fabbrica.

Ma la *Chimica* non si ferma a questa indagine: essa studia anche le trasformazioni di una sostanza nell'altra.

Molte trasformazioni chimiche avvengono in natura. — L'uomo assiste a comuni e talvolta importantissime trasformazioni chimiche che avvengono in natura. Un chiodo di ferro esposto all'aria umida arrugginisce, e la ruggine rossastra deriva dalla trasformazione del ferro in un suo composto che esso forma con l'acqua contenuta nell'aria umida. Se mettete un chiodo di ferro in quell'acqua azzurra che i contadini adoperano per combattere la peronospora della vite, e che è azzurra perchè contiene il solfato di rame, voi vedrete dopo un certo tempo che il chiodo di ferro diventa rosso perchè il rame del solfato va al posto del ferro.

Nell'uva pestata si sviluppa l'alcool per la trasformazione dello zucchero dell'uva.

Non parliamo di ciò che avviene nel vostro corpo: quando introducete gli alimenti nel tubo digerente, essi vanno soggetti a trasformazioni profonde e continue che ne cambiano la natura. Le piante hanno in parecchi loro organi, e soprattutto nelle foglie, dei meravigliosi laboratorî chimici.

Le trasformazioni delle sostanze ottenute dai chimici. — Numerose sono le trasformazioni delle sostanze che avvengono naturalmente, ma l'uomo nei suoi laboratorî, usando energie di varia sorta, è riuscito ad ottenere un numero veramente straordinario di trasformazioni di sostanze in altre, cosicchè oggi si conoscono alcune centinaia di migliaia di sostanze in minima parte naturali, e in massima parte ottenute artificialmente dall'uomo.

CAPITOLO II.

Atomi e molecole.

Tutte le numerosissime sostanze sono formate da combinazioni di atomi. — Adoperando tutti i mezzi a sua disposizione nello studio delle sostanze, il chimico è arrivato alla conclusione ch'esse sono formate dalla combinazione di particelle piccolissime, fino a tempi recenti considerate indivisibili, che si chiamano *atomi*. Si conoscono 89 sorta di atomi, ma in teoria si ammette che ce ne possano essere 92. Si calcola che siano sorta di palline, vedremo poi in che modo fatte, del raggio di qualche decimilionesimo di millimetro!

Avremmo dunque 89 sorta diverse di palline, cioè di *atomi*, fino ad oggi conosciute.

Gli atomi formano le molecole. — Dal comportamento delle sostanze allo stato gassoso, un nostro grande scienziato del secolo scorso ha dedotto che gli atomi delle varie sostanze, cioè le 89 sorta di palline, riunendosi fra loro formano delle piccolissime associazioni che diconsi *molecole*, che sono quelle che nei gas si rendono libere le une dalle altre. Per formare le molecole si possono unire atomi uguali od atomi differenti.

Quando atomi uguali si riuniscono assieme per formare le molecole, le sostanze che ne derivano si dicono *semplici*, quando invece atomi diversi costituiscono la molecola, allora essa caratterizza una sostanza *composta*. La molecola può essere formata da un solo atomo, come nei metalli.

Come si pensa siano fatti gli atomi. — Nessuno ha mai visto un atomo, ma studiando molti fenomeni, dei quali parecchi scoperti in questi ultimi cinquant'anni, gli studiosi sono arrivati alla conclusione che l'*atomo* si comporta come inscindibile in molti casi, ma in altri si dimostra alla sua volta divisibile in particelle più piccole che sono

dette *elettroni* e *protoni*, particelle delle quali avete già sentito qualcosa nella Fisica.

Siccome gli *elettroni* e i *protoni* non sono visibili come non lo sono gli atomi, così non possiamo darvi una prova basata sulla diretta osservazione della loro esistenza. Ma così come per un secolo, l'ammettere l'esistenza di *atomi* e *molecole*, particelle invisibili, ha permesso alla chimica, di fare progressi meravigliosi, l'ammettere l'esistenza di *protoni* ed *elettroni* ci ha servito e ci servirà per progredire ancora.

Come ci immaginiamo noi che sia formato un atomo di idrogeno.

Si pensa così che l'atomo d'idrogeno, che è il corpo più leggero che si conosca, sia formato come un sistema di due corpuscoli piccolissimi, uno pesante 1850 volte più dell'altro. Attorno al corpuscolo più pesante girerebbe l'altro più leggero, ad enorme velocità, così come i pianeti girano attorno al Sole. Il corpuscolo centrale sarebbe carico della quantità di elettricità positiva più piccola che si conosca, e si chiama *protone*, mentre il corpicciuolo che gli gira attorno sarebbe carico della quantità di elettricità negativa più piccola che si conosca, e si chiama *elettrone*.

Ebbene, tutti gli atomi sarebbero formati da protoni ed elettroni. Si andrebbe dall'atomo più leggero al più pesante aumentando il numero dei *protoni* del nucleo e degli *elettroni* che gli girano attorno.

L'atomo può scomporsi da solo. — A questa conclusione si è arrivati percorrendo diverse strade; ma è stato un fatto strabiliante, scoperto verso la fine del secolo scorso, che ha portato a queste conclusioni.

Mentre riesce molto difficile all'uomo, almeno fino ad oggi, disfare quel minuscolo sistema planetario che è l'atomo, vi sono invece in natura sostanze con atomi molto pesanti che si *disfano* da soli, lanciando nello spazio una parte dei loro *protoni* ed *elettroni* che li compongono.

Facendo così, spontaneamente, cioè senza che l'uomo possa in nulla determinare o arrestare il fenomeno, un atomo di una sostanza si trasforma in un atomo di un'altra sostanza. La più famosa di queste sostanze che spontaneamente si trasformano in un'altra è il *radio;* il *radio* impiega qualche migliaio d'anni per trasformarsi in *piombo*, ma alla sua volta il *radio* ha una sostanza che lo genera, che è l'*uranio*, il quale impiega migliaia di milioni d'anni per trasformarsi in *radio*.

Il sogno dei chimici moderni è quello di giungere a trasformare

l'*atomo* di una sostanza in quello di un'altra. Siccome in alcune di queste trasformazioni, come è dimostrato dal comportamento del radio, si libera una grande quantità d'energia, i fisici pensano che la trasformazione degli atomi potrà dare all'uomo un'enorme quantità d'energia.

Miscuglio e combinazione. — In natura molte sostanze sono mescolate assieme senza che vi sia nessun legame fra le particelle che le compongono. Così molte rocce sono una mescolanza di diversi minerali ciascuno dei quali conserva nella mescolanza le proprie caratteristiche.

Per esempio il granito è una mescolanza di parecchi minerali fra i quali i più abbondanti sono il *quarzo*, la *mica*, e l'*ortoclasio*. Le sabbie dei fiumi o del mare sono mescolanze. L'aria è pure un miscuglio. Nelle sabbie e nelle rocce abbiamo miscugli di solidi, nell'aria miscugli di gas. Ma abbiamo anche miscugli di liquidi, ad esempio nelle *emulsioni*, come quando si sbatte l'olio con l'acqua: il primo si divide in tante particelle minutissime mescolate a quelle dell'acqua. Il *fumo* è un miscuglio fra sostanze solide e gassose, la *schiuma* è un miscuglio fra liquidi e gas.

I componenti dei miscugli possono mescolarsi in quantità variabili e conservano le loro proprietà.

Altra cosa è quando due o più sostanze messe in presenza le une delle altre in *quantità ben determinate*, riuniscono intimamente i loro atomi. Si formano in questo caso delle sostanze che non hanno più i caratteri fisici e chimici di quelle dalle quali siamo partiti: le sostanze in questo caso hanno dato origine ad una *combinazione*.

CAPITOLO III.

Le trasformazioni chimiche e come si ottengono.

Combinazioni. Scomposizioni. Sostituzioni. — Gli 89 elementi chimici si possono combinare fra loro a due, a tre, a quattro, e dànno origine così a *composti*: questo fenomeno chimico dicesi *combinazione* o *sintesi*. Per esempio, facendo scoccare una scintilla elettrica in un piccolo ambiente chiuso contenente idrogeno e ossigeno, questi due elementi si combinano fra loro formando acqua.

Un composto chimico invece può essere scisso nei suoi elementi componenti e questa trasformazione dicesi *scomposizione* o *analisi*. Per esempio, ad altissime temperature, superiori ai 2000 gradi, l'acqua si decompone in idrogeno e ossigeno. Infine due composti si possono scambiare un elemento, oppure un elemento libero può scacciare un altro da un composto e sostituirlo; abbiamo nel primo caso un *doppio scambio*, nel secondo una semplice *sostituzione*. Come esempio di dop-

pio scambio ricordiamo quel che avviene gettando un po' di sale da cucina in una soluzione di nitrato d'argento (*pietra infernale*): il sodio del sale da cucina prende il posto dell'argento della pietra infernale, e viceversa. Un esempio del secondo caso si ha gettando un pezzetto di zinco in un bicchiere contenente acido solforico diluito: lo zinco scaccia e sostituisce l'idrogeno nella molecola dell'acido solforico.

Come si possono ottenere le trasformazioni in chimica. — S'è detto che in natura avvengono trasformazioni chimiche, ma l'uomo nei suoi laboratori è riuscito a determinare molte trasformazioni con grande rapidità, valendosi di energia di varia natura. Il *calore* che produce alte temperature e che serve in grandiose industrie quali quelle estrattive del ferro, le *alte pressioni*, la *luce*, sono tutte forme d'energia di cui l'uomo ha saputo trar profitto per il progresso della chimica.

I due grandi mezzi di cui dispone la chimica moderna. — Ma se la chimica moderna ha potuto raggiungere grandi risultati, molto lo deve alla scoperta e all'impiego di due mezzi: l'uso di sostanze speciali che con la loro presenza determinano un aumento enorme nella rapidità delle trasformazioni chimiche, e l'uso dell'energia elettrica.

Se noi poniamo ad esempio i due gas azoto e idrogeno in presenza l'uno dell'altro, a forti pressioni e ad elevate tenperature, noi non otteniamo nessun composto. Se invece, pur adoperando alte pressioni ed alte temperature, mettiamo in presenza di azoto e idrogeno, ad esempio ferro finemente suddiviso, l'azoto e l'idrogeno si combinano formando *ammoniaca*.

Così pure se l'*anidride solforosa* si trova in presenza di *ossigeno*, non si combina con esso a formare l'*anidride solforica*, se non quando, oltre ad ossigeno, è in presenza a *platino* finamente suddiviso o poroso.

Le sostanze che, come il *platino* e il *ferro*, sono capaci con la loro sola presenza, e quindi senza consumarsi, di determinare la combinazione di grandi quantità di altre sostanze, diconsi *catalizzatori*, e di essi si fa largo impiego in molte industrie chimiche.

Così pure l'uso dell'energia elettrica in chimica è ormai molto diffuso. Le correnti elettriche continue servono alla scomposizione dell'acqua e di altri composti (*elettrolisi*).

Basti pensare alla produzione dell'*alluminio* che si fa in forni elettrici, in cui la temperatura di fusione si raggiunge proprio mediante la resistenza offerta dai composti d'alluminio; alle grandi quantità di acqua che giornalmente vengono scomposte, mediante la corrente elettrica, in idrogeno ed ossigeno, cioè nei due elementi che la compongono. Siccome l'Italia è ricca in energia elettrica, *perchè ha saputo sfruttare quella non grande ricchezza in cadute d'acqua che aveva*, e deve tendere ad usarla sempre più in sostituzione del carbone, anche voi gio-

vanetti potete capire la straordinaria importanza che hanno per gli italiani i metodi elettrici usati nelle trasformazioni chimiche.

Si pensi anche ai modernissimi metodi italiani della preparazione dello *zinco* e del *cadmio*, mediante l'elettrolisi, dai minerali che contengono questi due elementi.

Scariche elettriche potenti, scintille enormi, hanno permesso all'uomo di combinare fra loro ad esempio l'ossigeno e l'azoto dell'atmosfera, per giungere, con una certa facilità, alla sintesi dell'*acido nitrico*.

CAPITOLO IV.

Degli elementi e dei loro più importanti composti.

Elementi chimici. — Sono 89 le sostanze conosciute formate da atomi uguali e che si dicono *elementi chimici*.

Una parte di essi, come l'*oro*, l'*argento*, il *ferro*, il *piombo*, lo *stagno*, lo *zinco*, sono pesanti, hanno lucentezza metallica, sono buoni conduttori del calore e dell'elettricità e, tranne il mercurio, sono solidi. Gli altri invece sono solidi, liquidi o aeriformi, non hanno lucentezza metallica, non conducono bene il calore e l'elettricità.

Ne è venuta una distinzione fra i due gruppi; quello dei *metalli* e quello dei *metalloidi*. La distinzione non è scientificamente rigorosa ma è molto importante in pratica.

Sono metalli, oltre quelli nominati, il *sodio*, il *potassio*, il *calcio*, il *radio*, il *magnesio*, il *mercurio*, ecc.

Sono metalloidi: il *cloro*, il *bromo*, lo *jodio*, lo *zolfo*, il *fosforo*, l'*azoto*, il *carbonio*, il *silicio*.

Vi sono però due elementi che non possiamo chiamare nè metalli, nè metalloidi e sono l'idrogeno e l'ossigeno. Per essere aeriforme l'idrogeno sembrerebbe avvicinarsi ai metalloidi, invece nei fenomeni chimici esso tende a comportarsi come un metallo.

Composti. — Gli elementi chimici possono combinarsi fra loro a due a due, a tre a tre, a quattro a quattro.

Particolare importanza hanno quei composti che i corpi semplici formano combinandosi con l'ossigeno e con l'idrogeno, cioè con quei due elementi che sappiamo tanto abbondanti in natura e che si comportano in modo specialissimo. Ma vi sono anche moltissimi altri composti: i metalloidi possono combinarsi fra loro, i metalli pure possono combinarsi fra loro, infine i metalli si possono combinare con i metalloidi. Soltanto alcuni corpi semplici, che allo stato di gas si trovano nell'aria, non si combinano nè fra loro nè con nessun altro corpo semplice.

Il progredire degli studî chimici ha dimostrato che molte volte la combinazione dei corpi semplici fra loro dipende dai mezzi di cui disponiamo, dal modo cioè con cui noi li trattiamo; ragione per cui corpi semplici che un giorno si credeva non potessero combinarsi con altri, oggi si combinano con una certa facilità, perchè l'uomo ha trovato quali sono le condizioni che favoriscono queste combinazioni.

Un composto specialissimo è quello che si forma fra l'ossigeno e l'idrogeno, composto a tutti voi ben noto, che è l'acqua, che si dovrebbe chiamare *ossido d'idrogeno*. Esso però sta a sè, perchè ha proprietà tutte sue speciali per le quali non può rientrare in nessuna delle categorie di composti delle quali si parlerà ora. Una molecola d'acqua è formata da due atomi d'idrogeno e uno d'ossigeno.

Ossidi. — Gli atomi dei differenti metalli e di quasi tutti i metalloidi si possono combinare con gli atomi di ossigeno per costituire quei composti che si chiamano *ossidi*.

Ma gli ossidi dei metalli si comportano di solito in modo ben differente da quello dei metalloidi quando vengono posti in presenza di acqua.

Riduzioni e ossidazioni. — Data la grande facilità con cui i metalli si combinano con l'ossigeno, in natura si trovano parecchi *ossidi metallici* dai quali si ricava il metallo. La trasformazione chimica per la quale si toglie l'ossigeno agli *ossidi* dicesi *riduzione*.

La sostanza che più comunemente si adopera per ridurre gli ossidi è il *carbone*, il cui carbonio si appropria, purchè sia portato ad alta temperatura, l'ossigeno degli ossidi per formare ossido di carbonio o anidride carbonica.

Il processo inverso per il quale si favorisce la combinazione di una sostanza con l'ossigeno dicesi *ossidazione*, e si ottiene usando sostanze che facilmente liberano ossigeno. Per esempio l'*acqua ossigenata* è un energico ossidante. Ossidazioni lente avvengono anche naturalmente per effetto dell'ossigeno atmosferico.

Idrati o basi. — Chi di voi non ha veduto la calce viva? Essa è una sostanza bianca che il muratore getta nell'acqua per ottenere la calce spenta ch'egli adopera per fare la malta. La calce viva non è altro che un *ossido di calcio*. Trattato con acqua si combina con essa per formare un altro composto detto *idrato* o *base* che si scioglie in parte nell'acqua e che ha proprietà caustiche.

Come il calcio si comportano egualmente quasi tutti gli altri metalli; in generale dunque, dalla combinazione di un metallo con l'ossigeno abbiamo ossidi che combinandosi con l'acqua dànno le *basi* o *idrati*.

Anidridi e acidi. — Gli *ossidi* che i metalloidi formano con l'ossigeno prendono il nome di anidridi quando in presenza d'acqua si trasformano in sostanze *acide*. Vi sono dei metalloidi, come lo zolfo e il fosforo, che si combinano con diverse quantità di ossigeno, e allora per distinguere i diversi composti formati da uguali elementi occorre adottare speciali desinenze.

Per esempio: un atomo di solfo più due atomi di ossigeno dànno una molecola di *anidride solforosa,* mentre un atomo di solfo più tre atomi di ossigeno, danno l'*anidride solforica.* Così pure si distingue l'*anidride solforosa* dall'*anidride fosforica.* Alle *anidridi* corrispondono *sempre* degli acidi:

acqua + anidride solforosa = acido solforoso
acqua + anidride solforica = acido solforico
acqua + anidride fosforosa = acido fosforoso
acqua + anidride fosforica = acido fosforico
acqua + anidride carbonica = acido carbonico

Se il metalloide combinandosi con l'ossigeno dà un composto che con l'acqua *non* forma un acido, allora tale composto dicesi *ossido* e non *anidride.*

Così ad esempio un atomo di carbonio combinandosi con due atomi di ossigeno forma quel composto che noi chiamiamo *anidride carbonica,* perchè con l'acqua dà l'acido carbonico, mentre un atomo di carbonio combinandosi con un atomo di ossigeno dà un composto che con l'acqua *non* forma un acido; quindi lo dovremo chiamare *ossido.*

Gli *acidi* però non derivano soltanto dalle anidridi, si possono formare anche dalla combinazione diretta di alcuni metalloidi con l'idrogeno.

Così il cloro combinandosi con l'idrogeno dà l'*acido cloridrico.*

Quindi, riepilogando:

metallo + ossigeno = ossido basico; ossido basico + acqua = idrato;

metalloide + ossigeno = { ossido o anidride; } anidride + acqua = acido;

metalloide + idrogeno = acido.

Indicatori. — Gli idrati più forti e gli acidi più forti sono sostanze pericolosissime perchè distruggono la sostanza vivente. Bisogna usarli con grande cautela, e per mettere in evidenza la loro presenza nei li-

quidi, si usano delle sostanze, dette *indicatori*, che cambiano di colore passando da una sostanza acida a una basica. Una di queste sostanze è la *tintura di tornasole*, che si ricava da una pianticella. Essa, che è violacea quando non è a contatto con sostanze acide o basiche, a contatto con un acido diventa rossa, a contatto con una base diventa azzurra.

Che cosa sono i sali. — Se io prendo un acido e una base e li metto assieme in quantità opportune, ottengo di solito una sostanza che non è più nè acida, nè basica e che si chiama *sale*.

Il sale più conosciuto è quello che tutti usate per salare il vostro cibo e che chiamate senz'altro *sale*. In chimica invece esso è uno dei tanti sali e per distinguerlo dagli altri si usa il suo nome scientifico che è *cloruro di sodio*. Esso deriva dall'acido cloridrico il quale sappiamo essere

idrogeno + cloro.

Se al posto dell'atomo di idrogeno immaginiamo il metallo sodio, abbiamo:

sodio + cloro = cloruro di sodio.

Ma anche gli acidi che derivano dalle anidridi contengono idrogeno, che è anch'esso sostituibile da un metallo. Per esempio l'*acido solforico* è formato da:

idrogeno + solfo + ossigeno.

Se al posto dell'idrogeno mettiamo il metallo sodio otteniamo un sale detto *solfato di sodio*:

sodio + solfo + ossigeno.

Quindi distinguiamo due sorta di sali: quelli che derivano dagli acidi privi di ossigeno e quelli che derivano dagli acidi contenenti ossigeno, tutte e due però derivano dagli acidi in cui al posto dell'idrogeno trovasi un metallo.

Il nome dei sali si fa corrispondere a quello degli acidi con speciali desinenze:

acido solfor*oso*	solf*ito* di sodio
acido fosfor*oso*	fosf*ito* di sodio
acido solfor*ico*	solf*ato* di sodio
acido fosfor*ico*	fosf*ato* di sodio

All'*acido cloridrico* corrispondono i sali chiamati *cloruri*. Anche il solfo forma col solo idrogeno un *acido* detto *solfidrico*, al quale corrispondono i sali detti *solfuri*.

CAPITOLO V.

Le soluzioni.

Che cosa è una soluzione. — Se noi mettiamo del sale o dello zucchero nell'acqua, dopo breve tempo vediamo che sale e zucchero si sono sciolti e sappiamo per comunissima esperienza che l'acqua ha preso il sapore del sale o dello zucchero. Si ha in questo caso quel sistema che dicesi *soluzione*. Come dobbiamo immaginarci le particelle di sale e di zucchero nella soluzione? Dobbiamo immaginarle libere le une dalle altre e muoventisi in mezzo alle particelle dell'acqua in tutte le direzioni; dobbiamo cioè immaginarcele, in seno alla massa liquida, come le particelle di un gas che si muovono in tutte le direzioni e tendono ad allontanarsi le une dalle altre.

Ora vi sono corpi che si sciolgono nell'acqua, altri no, e si dicono *insolubili* nell'acqua. Per esempio lo zolfo, il marmo sono insolubili nell'acqua. Qualche volta corpi poco solubili o insolubili nell'acqua sono solubili in qualche altro liquido. Per esempio lo jodio è poco solubile nell'acqua e lo è molto nell'alcool, lo zolfo non è solubile nell'acqua e lo è invece nel solfuro di carbonio.

Le trasformazioni chimiche nelle soluzioni. — Le soluzioni acquose hanno grande importanza nella chimica perchè le particelle delle sostanze sciolte nell'acqua, libere di muoversi, possono venire ad intimo contatto e quindi reagire con altre sostanze già sciolte o facilmente solubili.

Se ad esempio aggiungiamo all'acqua salata un po' di soluzione acquosa di nitrato d'argento, vediamo che immediatamente si forma una massa voluminosa di sostanza bianca che sembra formaggio fresco, che è il *cloruro d'argento*. Si è formato cioè per la rapida reazione in soluzione del sale comune col nitrato d'argento, un composto non solubile nell'acqua, che per il suo rapido formarsi e per il suo accumularsi sul fondo del recipiente dicesi *precipitato*.

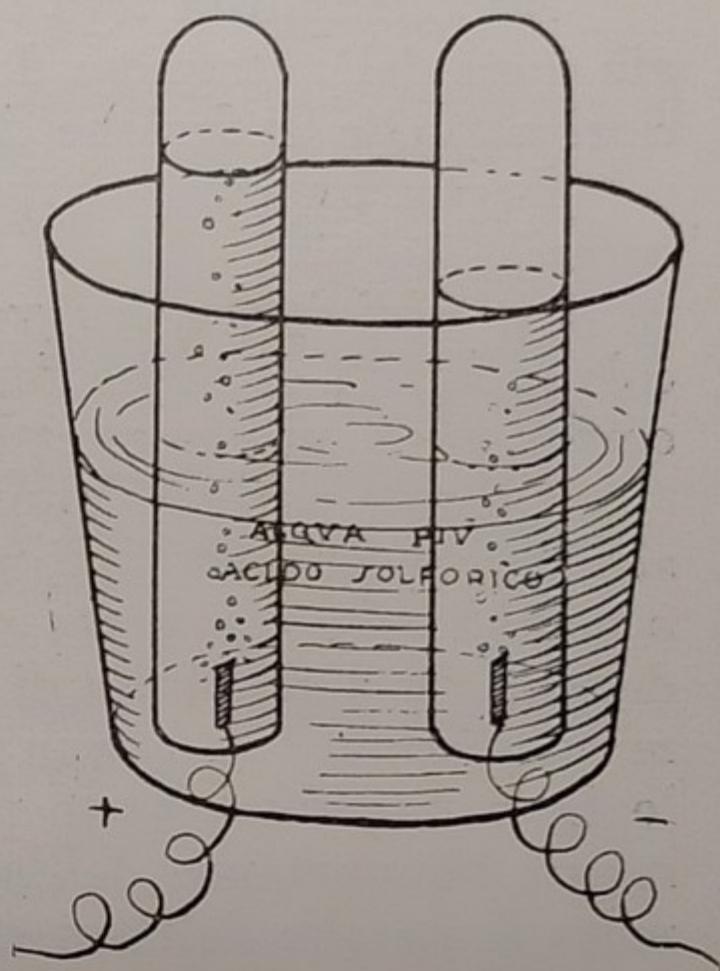
Se invece di una sostanza solubile si mette una insolubile, le particelle non vengono fra loro in intimo contatto e quindi difficilmente reagiscono.

In altre parole i composti insolubili reagiranno difficilmente, mentre reagiranno fra loro con grande energia quelli solubili.

Le soluzioni e l'elettrolisi. — Già vi è stato fatto cenno nella fisica che molte sostanze sciolte nell'acqua rendono questa conduttrice

dell'elettricità. In una soluzione si pensa che un certo numero di molecole delle sostanze sciolte sia scisso in due particelle dette *joni*, una delle quali elettrizzata positivamente e l'altra negativamente. Per esempio l'acido cloridrico ha la molecola formata da un atomo di cloro e uno d'idrogeno. In soluzione si formano lo jone idrogeno e lo jone cloro, il primo carico d'elettricità positiva, il secondo carico d'elettricità negativa.

Ebbene sono proprio gli *joni* quelli che permettono il passaggio della corrente elettrica nelle soluzioni. Come conseguenza si ha che quando nelle soluzioni si fa passare la corrente elettrica continua, gli joni nei quali è scomposta la molecola si portano ai due elettrodi; al negativo si raccolgono le parti positive delle molecole, al positivo le parti negative.

Nel caso dell'acido cloridrico si ottiene al polo negativo l'*idrogeno*, al positivo il *cloro*. Se invece dell'acido cloridrico poniamo *acido solforico*, lo jone negativo che si sviluppa all'elettrodo positivo perde la sua carica negativa e subito reagisce con l'acqua riformando l'*acido solforico* e liberando *ossigeno*, mentre all'elettrodo negativo si sviluppa *idrogeno*. Come conseguenza si ha così la scissione dell'acqua nei suoi due componenti. Lo stesso risultato finale si ottiene usando la soluzione acquosa di *soda caustica*. La corrente elettrica produce scissione delle molecole anche delle sostanze fuse.

Apparecchio per lo sviluppo di idrogeno e ossigeno dall'acqua per mezzo della corrente elettrica.

CAPITOLO VI.

Le leghe.

Metalli diversi fusi in una massa unica possono in parte mescolarsi senza combinarsi fra loro, in parte invece possono combinarsi chimicamente costituendo con queste speciali combinazioni la parte più importante delle *leghe*.

Anche gli antichi uomini conobbero una lega, il *bronzo*, formata da *rame* e *stagno*. Una lega molto nota è pure l'*ottone*, formato da rame e zinco.

In questi ultimi tempi l'importanza delle *leghe* è andata sempre più

aumentando, perchè adottando le *leghe* si ottengono in esse proprietà molto diverse da quelle dei metalli che si combinano per formarla, e si possono così studiare e formare leghe che abbiano le proprietà necessarie per determinati usi.

Combinando i metalli nelle *leghe* si ottengono due vantaggi: maggiore durezza e maggiore fusibilità.

Ad esempio la *lega dei saldatori*, formata da stagno e piombo, è più dura dello stagno e del piombo e invece fonde a temperature inferiori a quelle di fusione del piombo e dello stagno.

Leghe importantissime di ferro e carbonio sono la *ghisa* e gli *acciai*.

Gli *acciai*, alla lor volta si preparano aggiungendo loro delle piccole quantità di leghe formate da altri metalli (*ferro-tungsteno, ferro-cromo*, ecc.), che permettono di preparare acciai pregiatissimi.

Quando parecchi anni or sono s'incominciò a preparare l'*alluminio*, si vide che in molti casi non si poteva adoperare perchè troppo tenero o perchè poco resistente alle alterazioni chimiche. Oggi invece si usano delle leghe d'*alluminio* di grande pregio, come il *magnalio* e il *duralluminio*, formate in buona parte d'alluminio e di magnesio; queste due leghe hanno dimostrato proprietà che hanno fatto aumentare grandemente l'importanza dell'*alluminio*, il quale ben a ragione si può chiamare il metallo dell'avvenire.

CAPITOLO VII.

Separazione fisica delle varie sostanze.

Durante le varie operazioni chimiche si formano o si trovano dei miscugli. La separazione dei componenti il miscuglio, operazione necessaria per procedere poi chimicamente, è puramente fisica e si ottiene nei modi che vengono qui descritti.

Distillazione. — Un liquido, come ad esempio l'acqua, si può portare all'ebollizione; raccogliendone i vapori e raffreddandoli, essi dànno di nuovo il liquido. Quest'operazione, detta distillazione, è di pratica importanza quando dobbiamo separare un liquido dalle sostanze in esso sciolte.

Si porta all'ebollizione il liquido e i vapori che si formano non contengono le sostanze sciolte, cosicchè condensandosi dànno il liquido puro.

Anche quando due o più liquidi sono miscibili ed hanno punto di

Apparecchio per la distillazione dell'acqua.

ebollizione diverso, possiamo separare i liquidi per *distillazione*. Scaldando infatti la miscela ognuno dei liquidi mescolati bolle alla propria temperatura d'ebollizione, e i vapori che se ne sviluppano si possono far condensare in tempi diversi, ottenendosi in questo modo la separazione delle sostanze mescolate.

Questo tipo di *distillazione* dicesi *frazionata*.

Filtrazione. — Quando in seguito a trasformazioni chimiche nelle soluzioni, si forma un precipitato, si può isolarlo dal liquido filtrando il tutto attraverso un mezzo poroso che funziona come un setaccio e che lascia passare soltanto le particelle liquide. Nei gabinetti scientifici si usa la carta da *filtro*, nelle industrie si usano del *filtri a pressa* o a *vuoto*.

Centrifugazione. — Quando si hanno sostanze a peso specifico diverso, le sostanze più leggiere si separano dalle più pesanti mediante delle centrifughe.

Levigazione. — Allorchè sono mescolate assieme sostanze solide di diverso peso specifico, si possono separare le une dalle altre, ricorrendo a getti d'acqua o a correnti d'aria. L'acqua e l'aria trascinano o proiettano più lontano le particelle leggiere. Questo metodo viene applicato per concentrare l'oro che trovasi nelle sabbie aurifere.

Decantazione. — Quando si ottiene un precipitato, si può lasciare posare bene sul fondo del recipiente e il liquido si può poi versare lentamente. La vostra mamma, quando lascia posare il caffè prima prima di versarlo nelle chicchere, compie una decantazione.

CAPITOLO VIII.

Idrogeno, ossigeno, acqua.

L'idrogeno. — Dal come si comporta chimicamente, l'idrogeno sembrerebbe un metallo, ma è leggerissimo, gassoso e non ha nessun carattere fisico dei metalli.

Esiste, libero, cioè non combinato con altri elementi, e in quantità

trascurabile, nell'aria che respiriamo; però a grandi altezze, di qualche centinaio di chilometri, pare che esso sia abbastanza abbondante.

In compenso è abbondantissimo sulla Terra combinato con altri elementi e soprattutto combinato con l'ossigeno a formare l'acqua.

Si può ottenere libero in parecchi modi. Qui sarà bene avvisarvi che la preparazione di sostanze chimiche si può fare in diverso modo a seconda dello scopo che ci prefiggiamo. Se ad esempio vogliamo prepararne in gabinetti scientifici in piccola quantità per far vedere agli studenti o per studiare le loro proprietà, allora possiamo usare metodi anche relativamente costosi; se invece vogliamo preparare industrialmente in grande quantità una sostanza chimica, allora dobbiamo scegliere il metodo più economico.

Veduta interna di una fabbrica di idrogeno per elettrolisi.

Così se vogliamo produrre idrogeno per voi a scuola, facciamo reagire zinco con acido solforico diluito con acqua; si forma il solfato di zinco e si sviluppa idrogeno che si può raccogliere in una campanella.

Invece nelle industrie chimiche, là ove occorra in grande quantità l'idrogeno, si prepara per via elettrolitica, scomponendo l'acqua (*elettrolisi dell'acqua*).

L'idrogeno puro brucia nell'aria con una fiamma pallida ma caldissima. Il *bruciare* dell'idrogeno non è che una combinazione chimica; l'idrogeno *bruciando* si combina con l'ossigeno dell'aria e combinandosi sviluppa una grande quantità di calore e dà una temperatura altissima.

Una mescolanza di ossigeno e idrogeno è pericolossisima, perchè esplode con facilità appena s'avvicini un fiammifero acceso o una fiamma qualsiasi (*miscela tonante*).

L'idrogeno è il gas più leggero che si conosca; pesa infatti 14 volte circa meno dell'aria, ed è per questa sua proprietà che si usa per gonfiare i dirigibili.

Si può ridurre allo stato liquido, ma con grande difficoltà.

L'ossigeno. — Pochi altri elementi chimici hanno per la vita l'importanza che ha l'ossigeno. Esso è abbondante allo stato libero nell'aria, ma è anche abbondante in molti composti, fra i quali il più comune è l'acqua. Aria ed acqua sono le sostanze in cui vivono tutti gli esseri viventi, di acqua in buona parte è formato il loro corpo, e ossigeno libero occorre a quasi tutti loro, per quella funzione importantissima che è la *respirazione*.

Come si raccoglie un gas (ossigeno, idrogeno, ecc.) non solubile o poco solubile nell'acqua.

L'ossigeno puro si ottiene per distillazione frazionata dell'aria liquida.

Si può ottenere anche dall'acqua nello stesso modo con cui si ottiene l'idrogeno, cioè mediante l'elettrolisi.

Se nel recipiente ove si raccoglie ossigeno puro si mette un fuscello con la punta appena appena accesa, si vede il fuscello bruciare con produzione di una fiamma vivacissima.

L'ossigeno è un gas un po' più pesante dell'aria, che può essere liquefatto con una certa facilità, ed è abbastanza solubile nell'acqua.

Lo si può ottenere facilmente nei laboratori chimici scaldando *clorato di potassio* con *biossido di manganese*.

Combustioni. — Molti gas bruciano nell'aria producendo una *fiamma*; il fenomeno non è altro che una rapida combinazione chimica fra il gas che brucia (*combustibile*) e l'ossigeno dell'aria (*comburente*), con forte sviluppo di calore. Non sempre però il comburente è l'ossigeno: p. es. l'idrogeno brucia in atmosfera di cloro, ecc.

Fiamme ad alta temperatura. — Per ottenere alte temperature si possono usare: la *fiamma d'idrogeno,* facendo bruciare l'idrogeno nell'aria e con la quale si raggiungono i 2000°; la *fiamma ossidrica,* che si ottiene col cannello ossidrico, doppio cannello entro il quale passano separatamente idrogeno ed ossigeno che si mescolano solo all'uscita dal cannello, con la quale si raggiungono i 2500°; la fiamma *ossiacetilenica,* per la quale invece d'idrogeno si adopera l'acetilene mescolato ad ossigeno, e che raggiunge i 2800°.

Il cannello ossidrico.

L'acqua. — L'acqua pura è rara in natura; anche quella che cade dal cielo e che molti ritengono pura, contiene invece delle sostanze che si formano nell'aria e che si sciolgono nelle goccioline d'acqua della pioggia, delle particelle di pulviscolo atmosferico, e persino germi di malattie.

Per ottenerla pura si deve *distillarla*. Si scalda cioè fino all'ebollizione e i vapori si fanno passare in tubi fatti di sostanze che resistano all'acqua e che si raffreddano dall'esterno. Allora il vapor d'acqua si trasforma per raffreddamento in acqua liquida che si raccoglie in appositi recipienti. L'acqua si ottiene in questo modo pura perchè quando essa con l'ebollizione dà il vapore, questo non trascina con sè le sostanze sciolte nell'acqua e che la rendevano impura.

Per ottenere acqua perfettamente pura non basta distillarla una sol volta; occorre ripetere l'operazione.

Molte volte nelle industrie occorre usare acqua distillata, perchè le impurità delle acque naturali possono dare delle incrostazioni nelle macchine.

Con l'acqua si fa il *ghiaccio artificiale* che è oggi usato in tante industrie, e soprattutto nella conservazione degli alimenti, per la quale è possibile il trasporto a grandi distanze di carni, verdure e frutta.

L'*acqua potabile* (= *bevibile*) non è acqua pura distillata, anzi non deve essere pura perchè deve contenere una certa quantità d'aria, e contiene quasi sempre, senza che ne risulti un danno per il nostro organismo, una certa quantità di sali. Se i sali sono in quantità del 0,5 % o in quantità inferiore, in peso, allora l'acqua non è potabile.

Anche quando si fa esplodere la miscela tonante si ottiene l'acqua.

Le acque naturali possono essere *salate*, come quelle del mare, *dure* se contengono più del 0,5 % di sali, *termali* se hanno temperatura superiore a quella dell'ambiente.

L'acqua pura solidifica a 0°, bolle a 100° centigradi, alla pressione ordinaria al livello del mare (1 atmosfera). Presenta il massimo della densità a 4° centigradi, ed è per questo che il ghiaccio galleggia. Ciò ha reso possibile la vita nelle acque dei mari e degli oceani freddi, in cui il ghiaccio superficiale più leggero, non permette che l'acqua a temperatura più alta si porti continuamente alla superficie.

CAPITOLO IX.

Di alcuni metalloidi.

Cloro. — Non è dei corpi semplici più abbondanti, ma è molto conosciuto ed usato e viene introdotto giornalmente nel nostro corpo col *sale da cucina*, col quale saliamo le nostre vivande. È appunto il sale di cucina il minerale più importante che contiene il cloro. Ogni

molecola di sale di cucina è formata da un atomo di cloro e un atomo di sodio. Il cloro non esiste libero in natura tanto è avido di riunirsi con altri corpi semplici.

Lo si può ottenere libero con una certa facilità dai suoi composti, ad esempio scomponendo la soluzione acquosa di acido cloridrico, che è formato da idrogeno e cloro, mediante la corrente elettrica. Si può anche ottenere dal *cloruro di sodio,* sempre con l'elettrolisi.

È un gas giallo-verde, velenosissimo, più pesante dell'aria, ed è stato quindi molto usato, misto ad altri gas velenosi, come gas asfissiante durante la guerra, tenendosi esso sempre rasente terra. Si può scioglierlo nell'acqua con la quale costituisce l'*acqua di cloro* che ha il potere di decolorare molte sostanze.

Il *cloro* forma con l'idrogeno un acido molto usato, l'*acido cloridrico,* chiamato in commercio anche *acido muriatico,* fortissimo come acido, solubilissimo nell'acqua, energico disinfettante, che trovasi anche, in piccolissima quantità, nel nostro stomaco, prodotto dall'attività delle cellule dello stomaco. L'acido cloridrico, quando è in ambiente secco, è un gas senza colore e di odore irritante.

Il *clorato di potassio* è un sale di cloro molto importante. Si usa in medicina per formare ad esempio pastiglie disinfettanti; serve anche per fabbricare esplosivi e fuochi artificiali. Le sue applicazioni si basano sulla proprietà che ha di sviluppare ossigeno.

Jodio. — Questo metalloide ha tanta importanza come medicinale e come disinfettante. Alcuni organi del nostro corpo hanno necessità di jodio per funzionare e in vecchiaia alcuni sali di jodio servono come depuratori del sangue. Esso è un metalloide solido quando è libero, ma in natura lo si trova sempre combinato. Abbonda in alcune piante marine, dalle quali si estraeva un giorno esclusivamente. Oggi si prepara anche da un composto minerale che si trova nel Cile, e in Italia si ricava il fabbisogno nazionale in jodio dalle acque di Salsomaggiore, acque che portano alla superficie, togliendoli da strati della crosta terrestre, molti sali che si trovano anche nell'acqua del mare, fra i quali alcuni composti di jodio.

Lo *jodio* una volta isolato dai suoi composti si presenta in forma di pagliuzze lucenti, metalliche. È usato in soluzione alcoolica come disinfettante.

Zolfo. — È un metalloide che trovasi in molte località della crosta terrestre in minerali comunissimi quali i *solfuri* e i *solfati,* ma si trova anche libero come minerale. Esso è allora una sostanza formata da cristalli giallo limone di dimensioni varie. La polvere è pure gialla. Lo zolfo non si scioglie nell'acqua e riscaldato cambia forma ed aspetto varie volte fino a che, a 450° comincia a bollire dando vapori

gialli. Lo zolfo brucia all'aria combinandosi con l'ossigeno e formando l'anidride solforosa, soffocante e facilmente liquefacibile.

Lo zolfo in polvere si usa in agricoltura per combattere un fungo parassita della vite, oppure per imbiancare sostanze varie, infine per la polvere da sparo e per i fiammiferi.

Fra i composti suoi più importanti è l'*acido solforico* che si può ottenere partendo direttamente dallo zolfo, come fanno in Russia, oppure dalla *pirite* (*solfuro di ferro*), come si fa da noi. Bruciando la *pirite* si ottiene *anidride solforosa*, da questa in due modi si può passare per ossidazione all'*anidride solforica*.

Con un metodo che è più antico, si ossida in grandi camere di piombo l'*anidride solforosa* a spese di acido nitrico e dell'ossigeno dell'aria che s'introducono in esse; l'anidride solforosa si trasforma così in *anidride solforica*, che. combinandosi con l'acqua presente nelle camere, forma l'acido solforico.

Oggi però è più usato un secondo metodo: si fa arrivare in speciali recipienti l'anidride solforosa con l'aria; entro i recipienti v'è porcellana platinata, la quale, con la sua sola presenza, favorisce la combinazione dell'anidride solforosa con l'ossigeno, formandosi così *anidride solforica* che con acqua forma *acido solforico*.

Con l'acido solforico diluito si usano recipienti di *piombo*, con quello concentrato si usano recipienti di *ferro*.

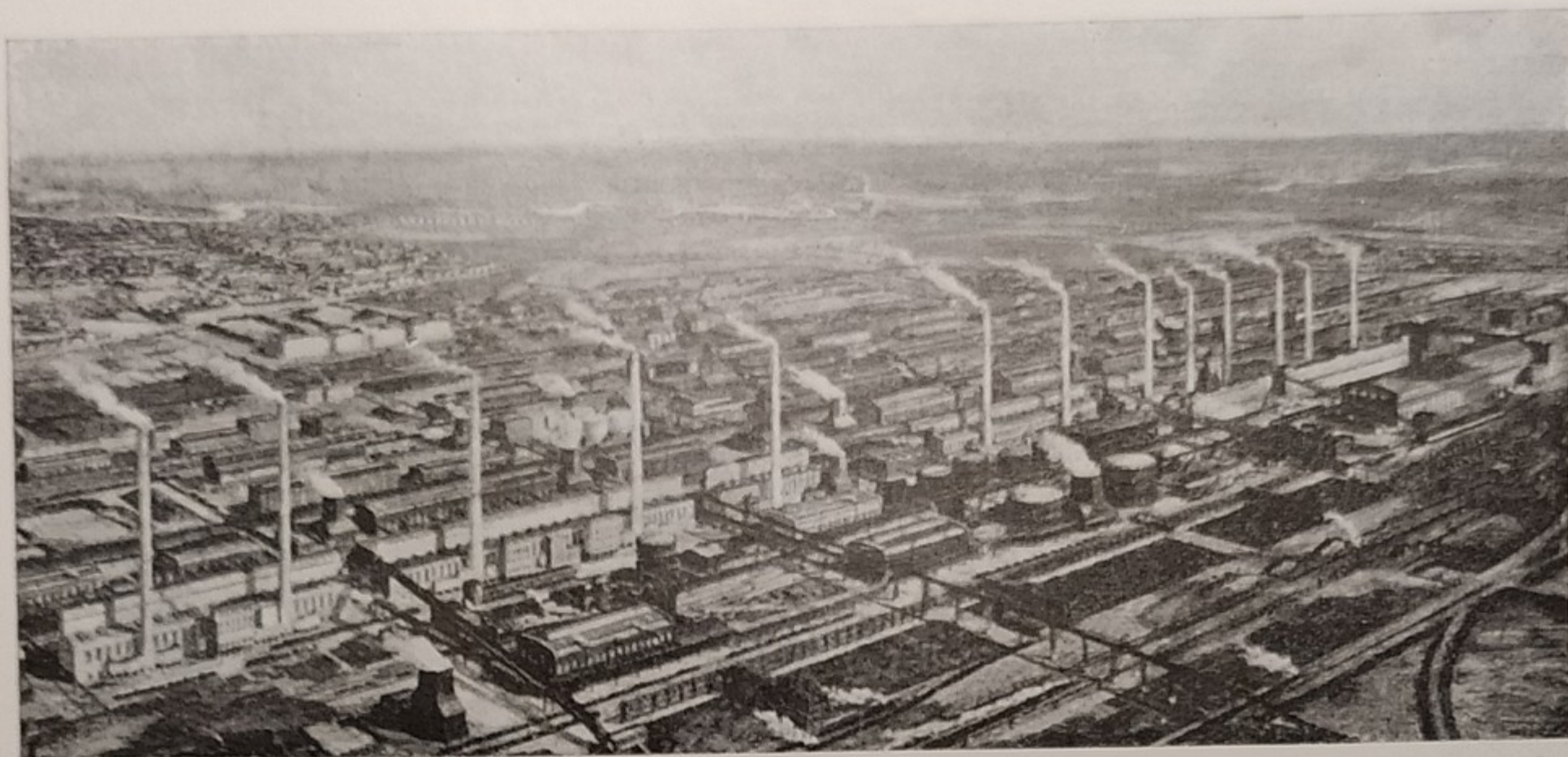
L'acido solforico ha una quantità di applicazioni. Viene usato in quasi tutte le industrie chimiche e ben a ragione si è meritato il nome di *papà della chimica*.

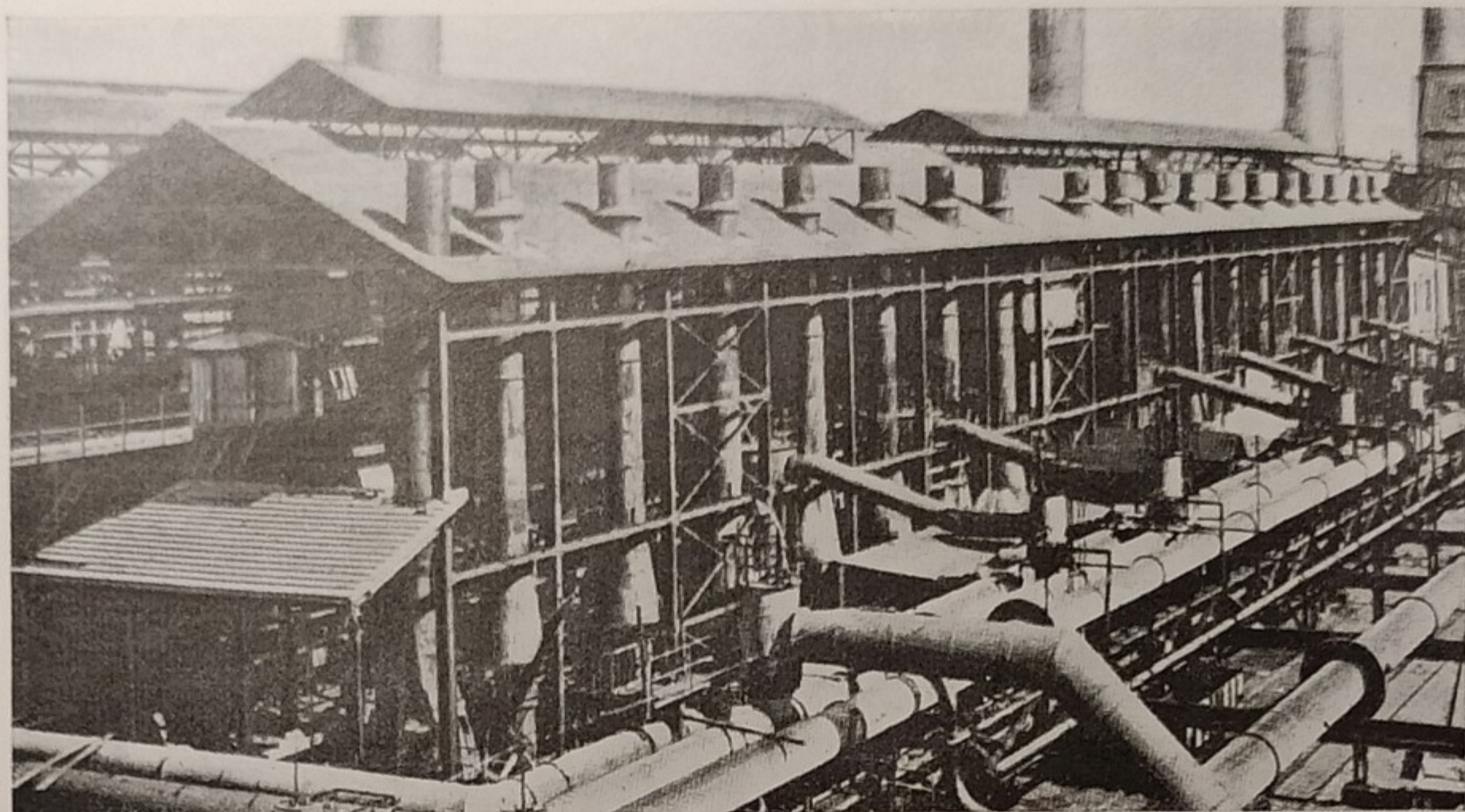
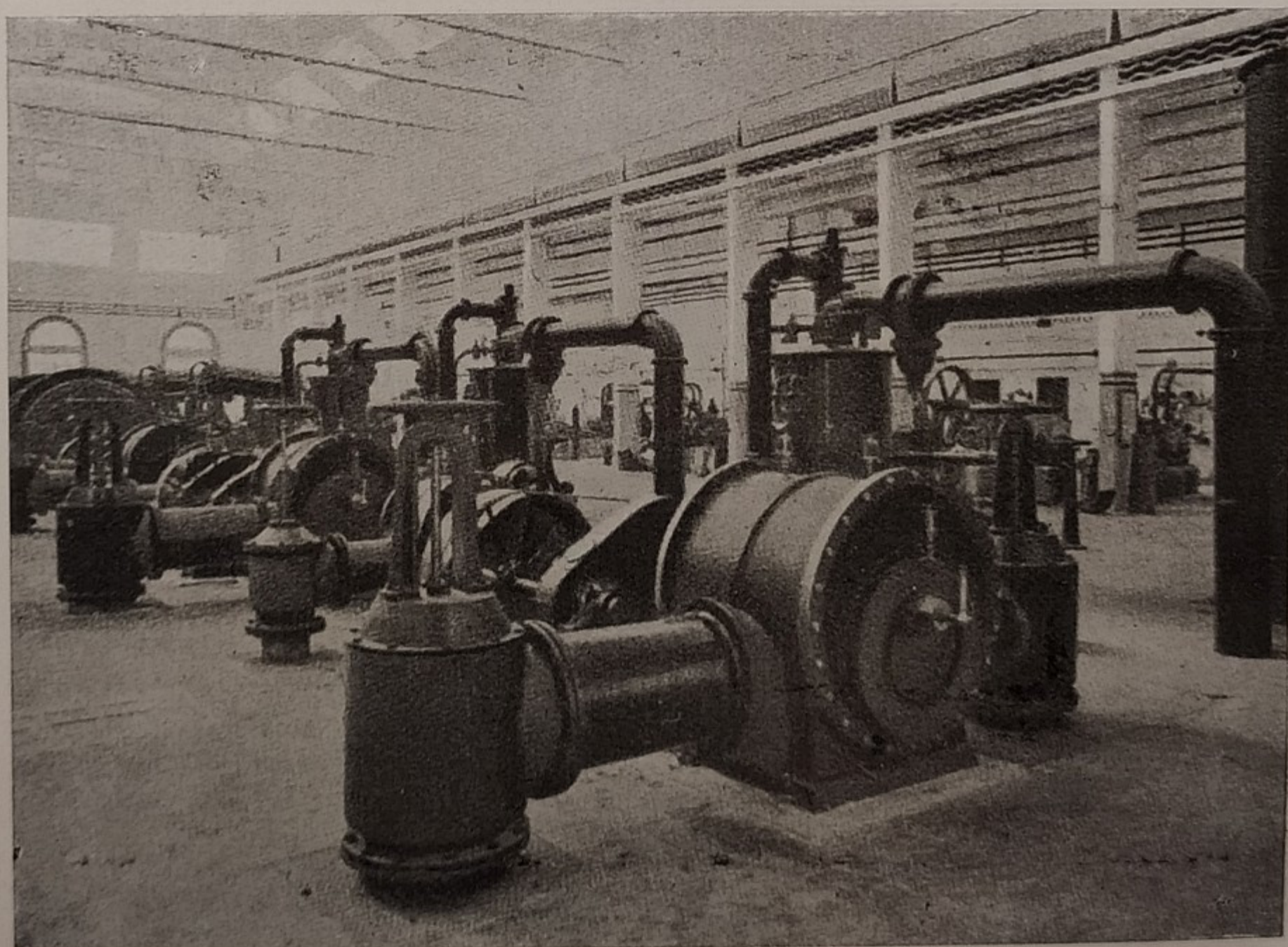
Il solfo forma col solo idrogeno un altro acido, detto *solfidrico* o *idrogeno solforato*, dall'odore nauseante di uova marce.

Azoto. — L'azoto è allo stato libero un gas, abbondantissimo in natura nell'aria, ove è mescolato all'ossigeno e ad altre sostanze gassose.

Combinato con altri elementi esso trovasi pure in piccole quantità nell'aria. Ma soprattutto importantissimi sono quei composti, nei quali l'azoto entra, che formano buona parte del nostro corpo, di quello degli altri animali e parte del corpo delle piante. Sono queste le *sostanze organiche azotate*, con le cui molecole è costruito l'edificio del nostro corpo. Senza l'azoto combinato in un determinato modo con l'ossigeno, con l'idrogeno e con il carbonio noi non possiamo vivere, come non possono vivere gli altri animali.

Anche le piante hanno bisogno d'azoto, e quasi tutte le piante, hanno bisogno d'azoto combinato, e precisamente di quello che si trova in alcuni sali, come il *nitrato di sodio* e *di potassio*.

Le scariche elettriche che avvengono nell'atmosfera riescono a far combinare l'azoto libero dell'aria con altri corpi semplici che si

Il più grande stabilimento del mondo di prodotti d'azoto (lunghezza km. 4,5, superficie 6 km.^{2}).

Sala dell'elettrolisi in un grande stabilimento italiano di produzione dell'ammoniaca sintetica.

In Germania l'idrogeno necessario per la sintesi dell'ammoniaca si prepara dal coke rovente su cui si fa passare aria e vapor d'acqua. Se ne ottiene una miscela di idrogeno, azoto e ossido di carbonio.

Idrogeno e azoto sotto forte pressione passano in questa sala detta *di sintesi* e si combinano, formando ammoniaca, in presenza di un catalizzatore (Stabilimento della Società « Montecatini » in Sinigo).

trovano in essa, in modo che l'acqua di pioggia cadendo porta al terreno composti d'azoto preziosissimi per le piante.

In tempi neppur troppo lontani i chimici non riuscivano a combinare l'azoto con altri elementi, di modo che i composti in cui esso entra e che sono necessari all'agricoltura e a parecchie industrie, o si trovavano già pronti in natura o venivano ottenuti dalla trasformazione di altri composti.

I grandi serbatoi di acqua ammoniacale.

Oggi invece i chimici combinano l'azoto con parecchi altri corpi semplici ottenendo quindi per *sintesi* molti composti dell'azoto. Così mediante potenti scintille elettriche si fa combinare l'*azoto* e l'*ossigeno* dell'aria per giungere, in presenza d'acqua, all'*acido nitrico sintetico*.

Oppure si può far combinare, ad una certa temperatura e pressione, in presenza di polvere di ferro, l'*azoto* dell'*aria* con l'*idrogeno* che si ottiene dalla scomposizione dell'acqua mediante l'elettrolisi. In questo caso si ottiene quel composto ben noto, di cui voi conoscete certamente la soluzione, che è l'*ammoniaca*. Essa è un gas solubilissimo nell'acqua, che si può liquefare facilmente e che allo stato liquido (ma non di *soluzione*!) si adopera molto nell'industria del freddo, soprattutto per produrre ghiaccio, perchè evaporando si raffredda notevolmente e fa raffreddare i corpi che vengono al suo contatto.

Oggi dall'*ammoniaca sintetica* si passa per ossidazione all'*acido nitrico*, da questo ai *nitrati*, che sono i sali corrispondenti.

Essi sono i sali più comuni dell'azoto e se ne adoperano in grandi quantità per l'agricoltura ed anche per l'industria degli esplosivi.

Essendo l'azoto da cui si parte, quello contenuto nell'aria, chiunque intende come questo processo sia di grande importanza per uno Stato che non abbia a disposizione dei nitrati naturali.

In Italia vi sono parecchie importantissime fabbriche d'ammoniaca e di acido nitrico sintetici. In Germania il problema della sintesi dei composti d'azoto è risolta in altro modo che da noi.

Un composto di carbonio che viene fabbricato in grande quantità in Italia con processi sintetici, è la *calciocianamide,* composto di calcio, carbonio e azoto, che per il suo contenuto in azoto si consuma come concime chimico.

L'aria. — La Terra è avvolta tutta in un involucro di gas di varia natura mescolati assieme nella parte più bassa dell'involucro, disposti a strati, dai più pesanti ai più leggeri, nelle parti più elevate dell'involucro stesso, al disopra di 11 km. d'altezza. I gas dell'aria sono mescolati nelle parti più basse dell'atmosfera, perchè essi si scaldano a contatto con la crosta terrestre scaldata a sua volta dal Sole, i cui raggi passano attraverso l'aria cedendo ai gas di questa una piccola parte soltanto del proprio calore. Cosicchè l'aria si scalda dal basso in alto come se fosse in un recipiente contenente un liquido e scaldato dal basso.

I gas più importanti dell'aria sono l'*azoto* e l'*ossigeno*. L'azoto ne rappresenta la parte più importante in quantità. Su 100 volumi d'aria secca, 78,1 volumi sono d'azoto e 20,9 volumi sono d'ossigeno. L'uno per cento rimanente è rappresentato da cinque gas, detti *gas nobili* dell'aria, che non si combinano con nessun altro corpo semplice e dei quali il più importante è il gas *elio*, leggerissimo. L'importanza dell'elio dipende proprio dal fatto ch'esso non si combina con l'ossigeno, come facilmente avviene per l'idrogeno con sviluppo di calore e con esplosione. Cosicchè usare l'*elio* al posto dell'*idrogeno* per riempire i dirigibili, è l'ideale di tutti gli Stati. Però l'elio usato per riempire i dirigibili non viene estratto certamente dall'aria, in cui ve n'è una parte su 1000 milioni di parti, ma raccolto da sorgenti che sono abbondanti soprattutto negli Stati Uniti.

Da noi in Italia l'elio viene emanato in una certa quantità dai soffioni boraciferi della Toscana.

Importantissimo per la vita è l'ossigeno dell'aria, del quale pochissimi esseri possono fare a meno; alcuni infimi esseri unicellulari possono vivere in assenza di ossigeno libero, ma lo sottraggono dalle sue combinazioni. Quindi, in ultima analisi, tutti i viventi hanno bisogno di ossigeno.

Negli strati più bassi dell'atmosfera esiste poi il vapor d'acqua,

anzi deve sempre esistere in una certa quantità dove vive l'uomo; esiste pure l'anidride carbonica che serve alle piante per fabbricare gli zuccheri, gli amidi ed altre sostenze complesse.

Dal 1896 l'aria viene liquefatta sottoponendola a forti pressioni e poi lasciandola espandere. Con l'espansione si raffredda giungendo a raffreddare alla sua volta l'aria ancora compressa; con successive compressioni e rarefazioni si raggiunge la temperatura di liquefazione. L'aria liquefatta è, come l'aria gassosa, una *mescolanza,* non un composto chimico; è più ricca in ossigeno dell'aria gassosa, e da essa si possono separare successivamente tutte le sostanze mescolate; s'intende ch'esse si separano allo stato gassoso. Così per ottenere azoto puro e ossigeno puro, prima si può liquefare l'aria, e dall'aria liquida si può ottenere prima tutto l'azoto e poi l'ossigeno (*distillazione frazionata*).

Fosforo. — Anche il fosforo ha una grande importanza per la vita. Tutte le nostre cellule ne contengono un po', e in abbondanza si trova nelle nostre ossa, come nelle ossa di altri animali, tanto che in buona parte si usa estrarre il fosforo dalle ossa animali.

Le piante coltivate, alcune specie in modo particolare, hanno bisogno di fosforo in notevole quantità, e quindi lo devono trovare nel terreno. L'uomo provvede a questo scopo dando al terreno coltivato sali di fosforo che si dicono *fosfati.*

Il fosforo non si trova libero in natura; lo si può ottenere libero dai suoi composti trattati in modo particolare, ed è allora giallo, molle come la cera, infiammabilissimo. Basta un urto per farlo accendere e quindi deve essere conservato sott'acqua; ciò avviene perchè il fosforo si combina con enorme facilità con l'ossigeno dell'aria.

Questo *fosforo giallo* è velenosissimo; quindi si preferisce in molti casi un'altra qualità di fosforo che si ottiene dal giallo scaldandolo a 300° ma non in presenza d'aria. Esso è il *fosforo rosso* che non è velenoso, che si adopera ad esempio per accendere i *fiammiferi svedesi,* spalmandolo lungo la parete della scatola, contro la quale si frega la capocchia dei fiammiferi.

Importanza grande hanno parecchi dei sali di fosforo, oltre che per l'agricoltura, anche per la medicina.

Carbonio. — Pochi elementi chimici sono abbondanti e importanti come il carbonio. Se nella terra come minerale ne troviamo poco, in grande quantità esso si trova invece a far parte di tutti gli esseri viventi, in composti svariatissimi che vengono studiati, tanti sono, da un ramo speciale della chimica che dicesi *chimica organica.* Lo si può trovare libero in natura, come minerale, sotto forma di *grafite* e di *diamante* che sono carbonio puro. Il diamante è durissimo, mentre la *grafite,* è tenera, lubrificante, di color grigio acciaio. Essa si trova in grandi

quantità a Ceylon e negli Stati Uniti, e da noi si trova impura in alcune località delle Alpi occidentali. Oggi però si fabbrica la *grafite artificiale*. È buona conduttrice dell'elettricità e resiste ad alte temperature; per questo si adopera, mista ad altre sostanze, per fabbricare crogiuoli.

Meno puro il carbonio si trova nei *carboni fossili* che sono: l'*antracite*, il *litantrace*, la *lignite*, la *torba*. Il primo è il più ricco in carbonio, l'ultimo il più povero. Dal *litantrace* otteniamo: il *gas illuminante*; l'*ammoniaca*; il *catrame* con tutti i suoi derivati, fra i quali le *sostanze coloranti d'anilina*, la *naftalina*, *esplosivi potenti*, *molti medicinali*. La quantità di prodotti che l'uomo ottiene oggi dalla lavorazione del carbon fossile è veramente straordinaria.

Si può ottenere carbone anche dalla legna, oppure dalle ossa, e tutte queste varietà di *carbonio* hanno applicazioni importanti.

Il carbonio con l'ossigeno può formare due composti: uno che contiene meno ossigeno ed è detto *ossido di carbonio*, l'altro più ricco d'ossigeno detto *anidride carbonica*.

Per la funzione della respirazione noi emettiamo continuamente anidride carbonica che deriva dal consumo che facciamo dei composti del carbonio entro il nostro corpo. Se noi bruciamo dello zucchero otteniamo anidride carbonica ed acqua. Così le nostre cellule ossidando buona parte delle sostanze che ricevono per nutrizione, producono anidride carbonica ed acqua.

Buona parte dell'anidride carbonica così prodotta viene emessa attraverso i polmoni. In un'atmosfera ricca di anidride carbonica e priva di ossigeno, non possiamo vivere. Invece se nell'aria vi è l'*ossido di carbonio*, questo agisce attraverso i polmoni sul sangue come un vero veleno. L'*ossido di carbonio* si forma facilmente nelle combustioni con poca aria, ad esempio, nei bracieri; quando vi è forte tiraggio d'aria allora esso brucia formando anidride carbonica.

Un composto gassoso di carbonio e idrogeno è l'*acetilene*, in cui due atomi di carbonio sono uniti a due d'idrogeno. Esso si sviluppa versando acqua sul *carburo di calcio* (formato da un atomo di calcio e due di carbonio).

CAPITOLO X.

Di alcuni metalli.

Sodio e potassio. — Sono due metalli molto simili fra loro, più leggeri dell'acqua, sulla quale quindi galleggiano. Si possono preparare dai loro composti che si trovano in natura, ma come metalli liberi non hanno grande importanza. Invece per fabbricare saponi e vetri

hanno grande importanza quei composti dei due metalli che si chiamano *idrati di sodio e potassio* e *carbonati di sodio e potassio*. I carbonati si fabbricano continuamente in grande quantità e li vedrete usare comunemente anche nelle vostre case col nome di *soda* e *potassa*. La loro proprietà di combinarsi coi grassi li rende utili per detergere.

Calcio. — I composti di questo metallo sono fra i più comuni in natura. Basti pensare agli intonachi di tutte le nostre case, ai cementi, ai marmi. Esso si può ottenere libero scomponendo mediante l'elettrolisi il cloruro di calcio, formato da *calcio* e *cloro*. Il calcio, così isolato, è un metallo leggero, una volta e mezza soltanto più pesante dell'acqua, di color bianco metallico.

Il più comune composto naturale di calcio è il *carbonato di calcio*, che si trova in forme differenti (*calcite, aragonite*). Intere montagne sono formate dalla calcite, ed è da essa che in massima parte si prepara la *calce viva* portandola a 1000° di temperatura in forni speciali. La calce viva non è che *ossido di calcio*.

Il muratore per formare la malta *spegne* la calce viva con acqua, trasformandola così in idrato di calcio o *calce spenta*, che mescola a sabbia. La malta viene data come intonaco per rivestire i mattoni dei muri, e col tempo nell'intonaco l'idrato di calcio, combinandosi con l'anidride carbonica dell'aria, si torna a trasformare in carbonato di calcio, emettendo quell'acqua che si era adoperata per formare l'idrato.

Un altro composto molto noto e comune del calcio è il *solfato di calcio* che, quando contiene una certa quantità di acqua, è il *gesso naturale*. Questo riscaldato a 110° perde un po' dell'acqua e diventa *gesso cotto* che in presenza d'acqua fa presa.

Importantissimi sono poi i *fosfati di calcio* che formano parte del nostro scheletro e che occorrono in grandi quantità per l'agricoltura, L'Italia sfrutta da qualche anno depositi notevoli di fosfati che esistono in Egitto. Se ne trovano in tutta l'Africa settentrionale tranne che in Libia.

Magnesio. — È un metallo leggero, bianco argenteo che brucia all'aria con fiamma vivissima. Tutti conoscono il *lampo di magnesio*, che si usa quando si devono fare fotografie in ambienti oscuri. Esso è ottenuto appunto bruciando magnesio mescolato a una sostanza ossidante.

L'Italia è destinata a diventare la più grande produttrice del mondo di magnesio perchè possiede molti composti di questo metallo. Esso, per la sua leggerezza, si usa in leghe importantissime con l'alluminio, leghe che sono molto resistenti e leggerissime e quindi trovano largo impiego in aeronautica.

Il comune purgante detto *sale inglese* non è che *solfato di magnesio*, così la comune *magnesia* non è che *ossido di magnesio*.

Mercurio. — Ecco uno dei pochi metalli per cui l'Italia può vantare un primato. Esso è anche il solo metallo liquido, e in natura trovasi in massima parte combinato in quel minerale rosso chiamato *cinabro* (solfuro di mercurio), dal quale si estrae col riscaldamento. In forni speciali il minerale riscaldato cede il mercurio sotto forma di vapori che, condensati, dànno un liquido 13 volte circa più pesante dell'acqua, bianco-argenteo, mobilissimo (argento vivo!).

Scioglie gli altri metalli, trarne il ferro, o si combina con essi formando particolari leghe che diconsi *amalgame*.

Capita spesso nelle case che un termometro rotto posto negligentemente nel cassetto lasci uscire il mercurio che si amalgama con qualche oggetto d'oro. Si ha così la sorpresa di veder ridotto l'oggetto d'oro in una sostanza friabile che è l'*amalgama d'oro*.

Composti importanti e velenosi del mercurio sono il *calomelano* e il *sublimato corrosivo*. Tutti e due sono composti di cloro e mercurio, cioè sono *cloruri*, più ricco in mercurio il primo del secondo. Sono usati in medicina.

Zinco. — Non libero in natura, si ottiene soprattutto da tre minerali: *blenda, smithsonite* e *calamina*.

In Italia si ricava prevalentemente dai due ultimi minerali che sono particolarmente abbondanti in Sardegna (miniere di Monteponi), e la produzione italiana dello zinco va sempre più perfezionandosi e aumentando.

Esso è un metallo bianco, abbastanza resistente all'aria perchè si ricopre di uno straterello aderente di ossido che è insolubile e così lo preserva. Si adopera, per questa sua proprietà, per rivestire lamiere di ferro, e in lega col rame a formare ottone.

L'*ossido di zinco*, bianco, e il *solfuro di zinco*, pure bianco, si adoperano per fare vernici.

Assieme allo zinco, nelle *calamine* della Sardegna, trovasi anche il *cadmio*, che oggi si estrae per usarlo, data la sua grande resistenza all'aria, per rivestire istrumenti chirurgici.

Rame. — Il rame, metallo rosso, che si può ridurre in fili e lamine sottilissimi, ha una grande importanza perchè è un ottimo conduttore del calore e dell'elettricità. Si può trovare libero e combinato in natura, soprattutto nella regione dei grandi laghi fra Stati Uniti e Canadà. Riserve grandi vi sono anche in Africa, e in Europa se ne trova in una certa quantità in Spagna. Noi in Italia ne abbiamo poco e quindi dobbiamo farlo venire in buona parte dall'estero.

Sala dell'elettrolisi nel moderno stabilimento di Monteponi per la produzione dello zinco.

Gli alti forni di Aosta e una benna che trasporta in alto il carico di carbone o di minerali di ferro. (*Società Cogne, Aosta*).

Esso forma con l'acqua e l'anidride carbonica dell'aria un composto velenoso, il cosiddetto *verderame*, che è un *carbonato*.

Il *solfato di rame* è un sale che si ottiene trattando il rame a caldo con acido solforico; e viene usato in soluzione per irrorare la vite ed altre piante al fine di combattere la *peronospora*, fungo parassita.

La soluzione di solfato di rame serve anche in galvanoplastica per rivestire di rame gli oggetti.

Il rame forma parecchie leghe importanti, fra le quali le più note sono: l'*ottone*, formato da due parti di zinco e una di rame; i *bronzi*, formati da rame e stagno; l'*argentana*, formata da rame, nichelio e zinco.

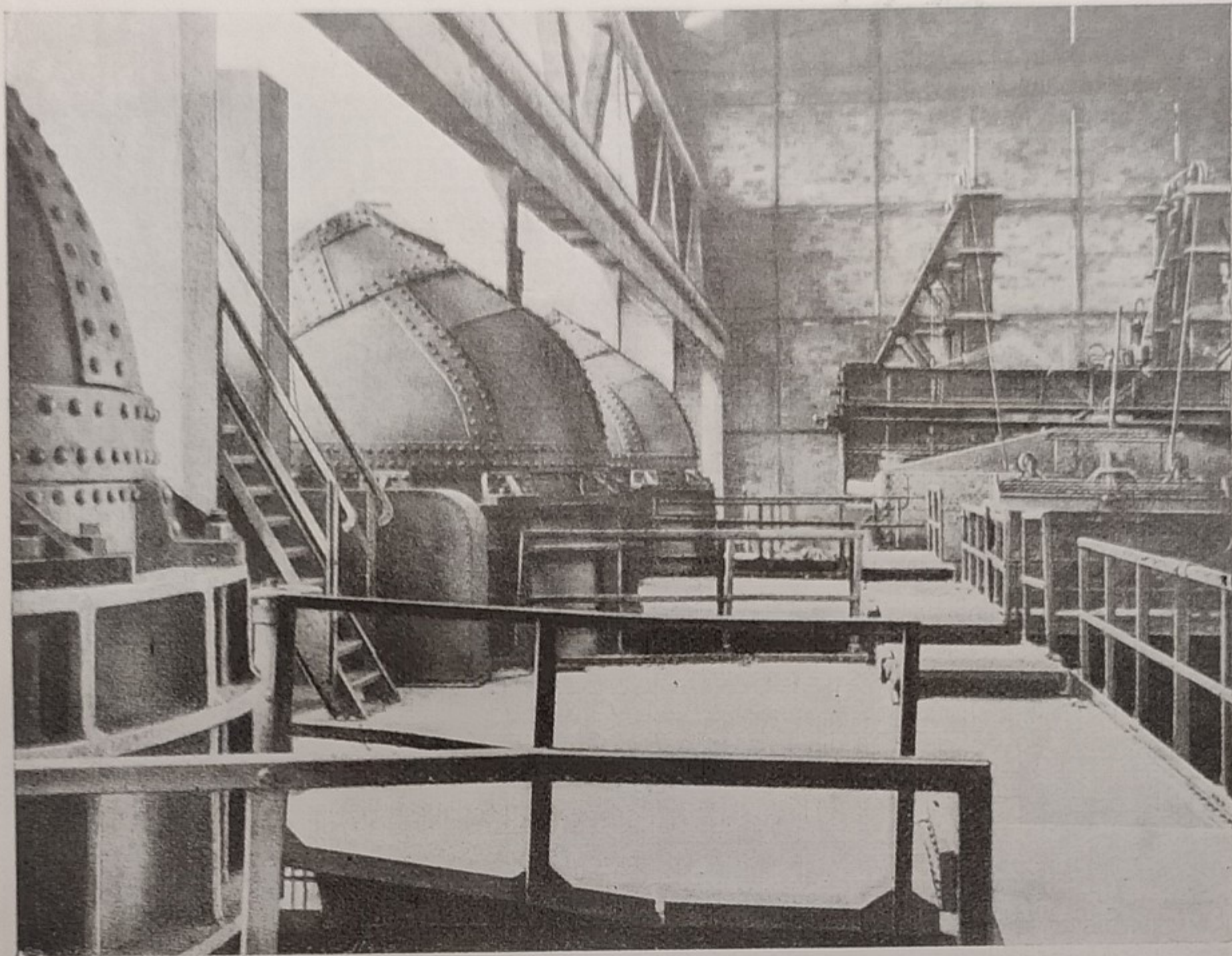
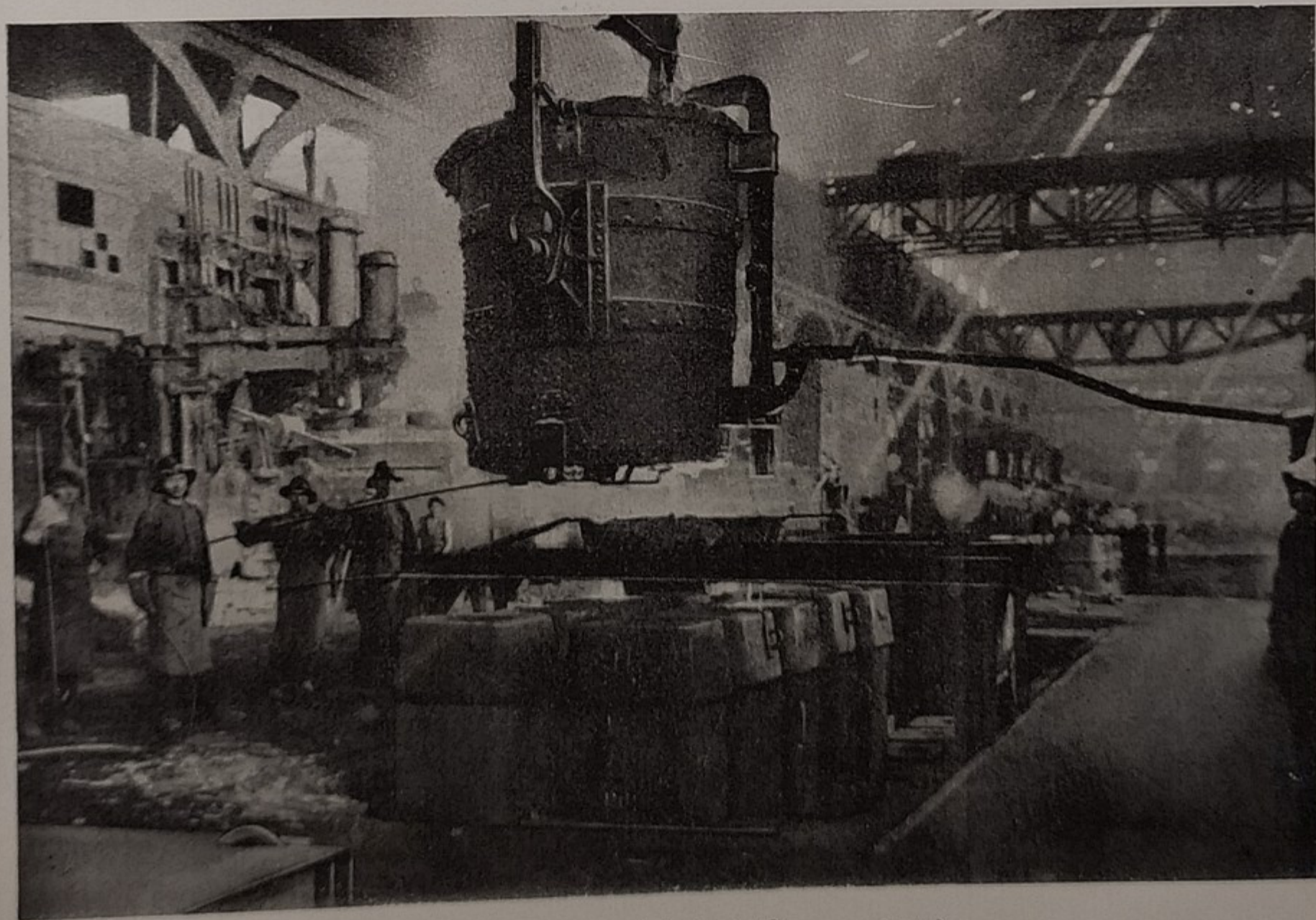
Ferro. — È il metallo che ha pur sempre una grandissima importanza per la vita civile. Con esso si fanno gli acciai, con esso si fabbricano le ossature delle case in cemento armato, una grande quantità di macchine, molte parti delle grandi navi e un'infinità di oggetti di uso comune. Si trova libero in natura in piccolissima quantità, mentre si trova in grande quantità in composti minerali: *magnetite, ematite, limonite* e *siderite*. L'uso del ferro è aumentato straordinariamente da quando si è pensato di usufruire il carbone fossile per estrarlo, fatto che è avvenuto nel secolo scorso. Gli Stati più ricchi in minerali di ferro sono gli Stati Uniti d'America e la Francia.

Noi in Italia non abbiamo grandi quantità di minerali di ferro e quindi usiamo per la sua preparazione in prevalenza rottami di ferro. Ad Aosta però, in vicinanza alle miniere di ottima magnetite che si trovano a Cogne, vi sono forni in cui il ferro vien preparato quasi esclusivamente dal minerale.

L'estrazione del ferro dai suoi minerali si fa in alti forni che vanno a carbone. I più usati sono quelli a carbone coke, il quale si ottiene dalla distillazione del litantrace. I forni una volta avviati non si spengono per parecchi anni e contengono strati di carbone e di minerale.

Il ferro negli alti forni viene liberato dalle sostanze con cui è combinato nei minerali, e data l'alta temperatura, fonde in una massa liquida che contiene molto carbonio, la quale effluisce dalla parte bassa dell'alto forno. Essa è quel prodotto chiamato *ghisa*; fonde a circa 1200°, mentre il ferro puro fonde a 1500° circa.

La *ghisa* viene poi di nuovo lavorata e trasformata in *acciaio* e in varie qualità di *ferro*. Acciaio e ferro contengono meno carbonio della ghisa, e precisamente si chiama *acciaio* il prodotto che si ottiene dalla raffinazione della ghisa sottoponendola a speciali lavorazioni quando essa è ancora liquida, e che contiene dal 0,35 all'1,8% di carbonio; e si chiama *ferro* quello che si ottiene dalla ghisa allo stato pastoso e che contiene meno del 0,35% di carbonio.

I prodotti più poveri di carbonio si chiamano *acciai dolci* o *ferri omogenei*.

I convertitori Bessemer per la produzione dell'acciaio dalla ghisa. (*Società Cogne, Aosta*).

Colata di acciaio. (*Società Cogne, Aosta*).

Oggi, a seconda degli usi a cui sono destinati gli acciai, si uniscono ad essi piccole quantità di leghe speciali, oppure piccole quantità di corpi semplici come il tungsteno. Se l'acciaio fuso e appena solidificato si getta nell'acqua fredda diventa più duro ma anche più fragile; questa operazione si dice *tempera*. Scaldando l'acciaio temperato (operazione che dicesi *ricottura*) e facendo seguire poi una nuova tempera si può far raggiungere all'acciaio il grado di resistenza e durezza che si vuole.

Si chiama *siderurgia* l'industria complessiva della lavorazione del ferro. Oggi essa si giudica tanto più progredita quanto migliori sono le qualità d'acciaio che sa fabbricare, quindi il progresso siderurgico di uno Stato si può giudicare dalla quantità e qualità d'acciaio che esso sa produrre. Da questo punto di vista noi possiamo essere orgogliosi.

L'Italia è una delle più grandi potenze del mondo, ma è povera di minerali di ferro. Eppure essa produce circa 1,4 milioni di tonnellate all'anno di ottimo acciaio (1932). La Francia ne produce certamente di più, ma ha a sua disposizione una ricchezza di minerali di ferro incomparabilmente superiore alla nostra.

Il ferro all'aria umida si trasforma in *ruggine*, sostanza rossiccia, chimicamente *idrato di ferro*, il quale forma sul ferro strati superficiali che si desquamano lasciando a nudo la parte sottostante la quale in questo modo, non protetta, alla sua volta arrugginisce.

Alluminio. — Soltanto da una cinquantina d'anni l'alluminio è entrato nell'uso comune, ed esso va sempre più diffondendosi perchè essendo molto leggero e buon conduttore del calore e anche dell'elettricità, si presta a un grande numero di applicazioni. Esso, combinato ad altri elementi, è molto abbondante nella crosta terrestre, ma è soprattutto abbondante in una roccia ricca di idrato d'alluminio che si chiama *bauxite*.

L'Italia ha notevoli quantità di *bauxite* ed anche di *leucite*, altro buon minerale d'alluminio, dal quale si spera di ottenere in grande quantità il metallo. La maggior parte dell'alluminio metallico è oggi prodotto anche in Italia con la *bauxite*, dalla quale si estrae il composto di *alluminio* e *ossigeno* detto *allumina*, che in forni elettrici speciali viene scissa con la corrente elettrica in *alluminio* e *ossigeno*.

L'*alluminio* viene poi raffinato e usato anche in leghe molto importanti, leggerissime, usate per la costruzione degli aeroplani, come il *magnalio* (alluminio e magnesio) e il *durallluminio* (alluminio, rame, magnesio).

L'alluminio si usa anche per utensili domestici e per fare fili conduttori d'energia elettrica. Poichè noi italiani non siamo ricchi in rame

Un lingotto pronto dinnanzi al treno sbozzatore. (*Società Cogne Aosta*).

e ferro, dobbiamo cercare di usare l'alluminio in tutti quei casi in cui esso sostituisce vantaggiosamente gli altri due metalli.

Gli studiosi intanto cercano di migliorare sempre più la produzione dell'alluminio, e complessivamente possiamo dire che l'Italia ha aumentato in pochi anni notevolmente la sua produzione, in modo da bastare non solo al fabbisogno interno, ma altresì da esportare alluminio all'estero.

Piombo. — Si trova in piccole quantità libero in natura, in grandi quantità è invece combinato con altri elementi nella *galena,* solfuro di piombo, da cui si estrae. È un metallo duttile, malleabile, molto pesante (11 volte circa più pesante dell'acqua), che si copre all'aria di uno strato di ossido e che fonde a temperatura relativamente bassa (327°). Molti composti di piombo sono velenosi e producono a lungo andare *avvelenamenti cronici* noti col nome di *saturnismo.*

Il piombo si adopera per leghe da saldatori, per pallini da caccia, per proiettili, per leghe da caratteri da stampa.

Cromo. — Questo metallo, bianco, splendente, pesante, che fonde ad alte temperature, si trova in natura combinato con ferro e ossigeno a formare la *cromite.* Oggi esso ha acquistato molta importanza per la preparazione di acciai speciali duri, che si usano per le automobili, mentre il cromo puro serve per rivestire oggetti formati da altri metalli (*cromatura*).

La *cromatura* ha sostituito in parecchi casi l'*argentatura* e la *nichelatura,* perchè il cromo ha il grande pregio d'essere molto resistente agli agenti chimici.

Nichelio. — Il nichelio è un metallo bianco splendente, 9 volte circa più pesante dell'acqua, inalterabile all'aria, che si estrae in grande quantità da minerali abbondanti negli Stati Uniti, nel Canadà e nella Nuova Caledonia. Serve per fare monete ed entra in parecchie leghe (*argentana,* della quale si è già detto, *costantana,* lega di rame e nichelio per reostati).

Stagno. — Questo metallo di uso comune si ricava esclusivamente da un minerale, la *cassiterite,* che è un biossido di stagno abbondantissimo in alcune località del mondo.

Per ottenerne lo stagno si riduce col carbone l'ossido. Lo stagno fonde soltanto a 233° e si presenta in due varietà: lo *stagno bianco cristallino,* e lo *stagno grigio* che è una varietà polverulenta nella quale si può trasformare lo stagno bianco quando è portato a temperature superiori a 40° o quando è a contatto con stagno grigio. La trasformazione si propaga come un'infezione e dicesi *peste dello stagno.*

Lo stagno è molto resistente all'aria, per cui lo si usa per rivestire lamiere di ferro (latta), oppure oggetti di rame (stagnatura).

Fra i composti di stagno e di comune uso è il *solfuro di stagno*, polvere di color oro, detto *oro musivo* (*porporina*), che serve per dorare cornici.

Argento. — È un metallo bianco, lucente, dal caratteristico suono argentino, che si può trovare libero in natura, e si può estrarre in grande quantità anche da suoi composti oppure dalla *galena argentifera*, la quale è propriamente un minerale di piombo contenente argento.

L'argento resiste abbastanza bene all'aria, si può ridurre in fili e lamine sottili. È attaccabile però facilmente dall'*acido nitrico*, e dall'*acido solfidrico*, che in piccole tracce si sviluppa sempre nei luoghi abitati dall'uomo e che riveste l'argento di uno strato nero di *solfuro*.

In lega con altri metalli l'argento serve a far *vasellami*, *piatti*, *oggetti di gioielleria*. Col *rame* forma la lega per le monete d'argento.

Il *bromuro d'argento* ha largo impiego per la gelatina sensibile alla luce che riveste le lastre e le pellicole fotografiche.

Il *nitrato d'argento* è usato in medicina come caustico.

L'Italia estrae una parte dell'argento necessario alle sue industrie dalla galena argentifera, ma in buona parte esso viene importato dall'estero.

Oro. — Pochi metalli hanno esercitato tanta attrazione sull'uomo e hanno avuto tanta importanza, quanto l'oro, nella storia della civiltà. Il suo valore economicamente è uno dei più costanti, e quindi serve come termine di paragone per il valore di tutte le altre merci. Con questo non si vuol dire che la *vera ricchezza economica* sta nel possedere tanto oro.

L'oro si trova libero in natura o in masse abbastanza grandi nelle sabbie di alcuni fiumi (*pepiti*), o entro spaccature di rocce. Talvolta si trova disseminato, entro rocce speciali, in piccole quantità assieme a minerali detti *auriferi*.

L'oro è giallo, pesa 19 volte l'acqua, è tenero, molto duttile e malleabilissimo, tanto che se ne possono fare dei fogli dello spessore di $^{1}/_{10000}$ di millimetro. È attaccabile dall'*acqua regia*, che è una miscela di acido nitrico e cloridrico.

Oltre che per far monete, in lega con altri metalli che lo rendono più duro, serve in gioielleria, per la doratura di molti oggetti, e anche in fotografia nel *cloruro d'oro*.

L'Italia è povera in oro. Ne produce soltanto 60 kg. all'anno, che sono ben poca cosa di fronte ai 500 mila kg. di produzione mondiale, a capo della quale sta il Transwaal che dà 340 mila kg. d'oro all'anno.

Platino. — È un metallo prezioso, abbastanza duro, pesante (pesa 21 volte l'acqua), bianco, che fonde ad alte temperature (1770°), inattaccabile a temperatura ordinaria da tutte le sostanze chimiche acide e basiche tranne che dall'*acqua regia,* della quale si è fatto cenno a proposito dell'oro. A caldo però, è abbastanza attaccabile e forma facilmente leghe.

Il platino si trova libero in natura in sabbie di fiume o in rocce compatte, sempre in piccola quantità (Columbia, California, Urali, Australia).

È sempre commisto ad altri metalli pesanti fra i quali l'*iridio* e l'*osmio*, che per la loro durezza e resistenza agli agenti chimici si adoperano ad esempio per fare le punte dei pennini d'oro delle penne stilografiche.

Si conosce una varietà artificiale di *platino spugnoso,* un'altra polverulenta detta *nero di platino*. In questo stato è capace di assorbire una grande quantità di ossigeno.

Il platino si usa in gioielleria e per fare istrumenti scientifici, apparecchi elettrici, lampade ad incandescenza, ecc.

CAPITOLO XI.

I composti organici del carbonio.

Una trattazione speciale meritano i composti del carbonio, perchè essi sono numerosissimi e talvolta molto complicati. Gli atomi del carbonio hanno una proprietà specialissima: quella di legarsi in gran numero fra loro. Talvolta si legano in modo da formare una lunga fila come quando voi disposti in fila vi unite per le mani, oppure si legano a formare catene chiuse. Ogni atomo di carbonio, così legato agli altri, tiene attaccati anche atomi di sostanze diverse, per lo più di idrogeno ed ossigeno, e si formano così delle molecole grandissime e complicatissime costituite da qualche centinaio di atomi. Le molecole più complicate sono quelle formate da carbonio, idrogeno, ossigeno ed azoto, e possono essere formate da migliaia di atomi.

A - Come si ritiene che siano disposti e legati fra di loro gli atomi di carbonio in molti composti organici cosiddetti a *catena chiusa*.

B - La stessa cosa per i composti a semplice catena.

I cerchietti simboleggiano gli atomi di carbonio e le linee che li uniscono simboleggiano i legami.

Tutti questi composti molto com-

plessi del carbonio si trovano negli esseri viventi e si possono ricavare da essi (da ciò il nome di *organici*); si trovano altresì nei petroli e si ricavano dal carbon fossile. L'uomo però è riuscito a trasformare queste sostanze naturali e ad ottenere da esse circa 200.000 sostanze diverse.

Petroli. — Sono miscele di composti di *carbonio* e *idrogeno,* detti *idrocarburi,* liquidi di solito bruni, di odore agliaceo, che sgorgano attraverso trivellazioni del terreno o che trovansi in pozzi petroliferi. Le località ricche di petrolio sono ricercatissime e contese.

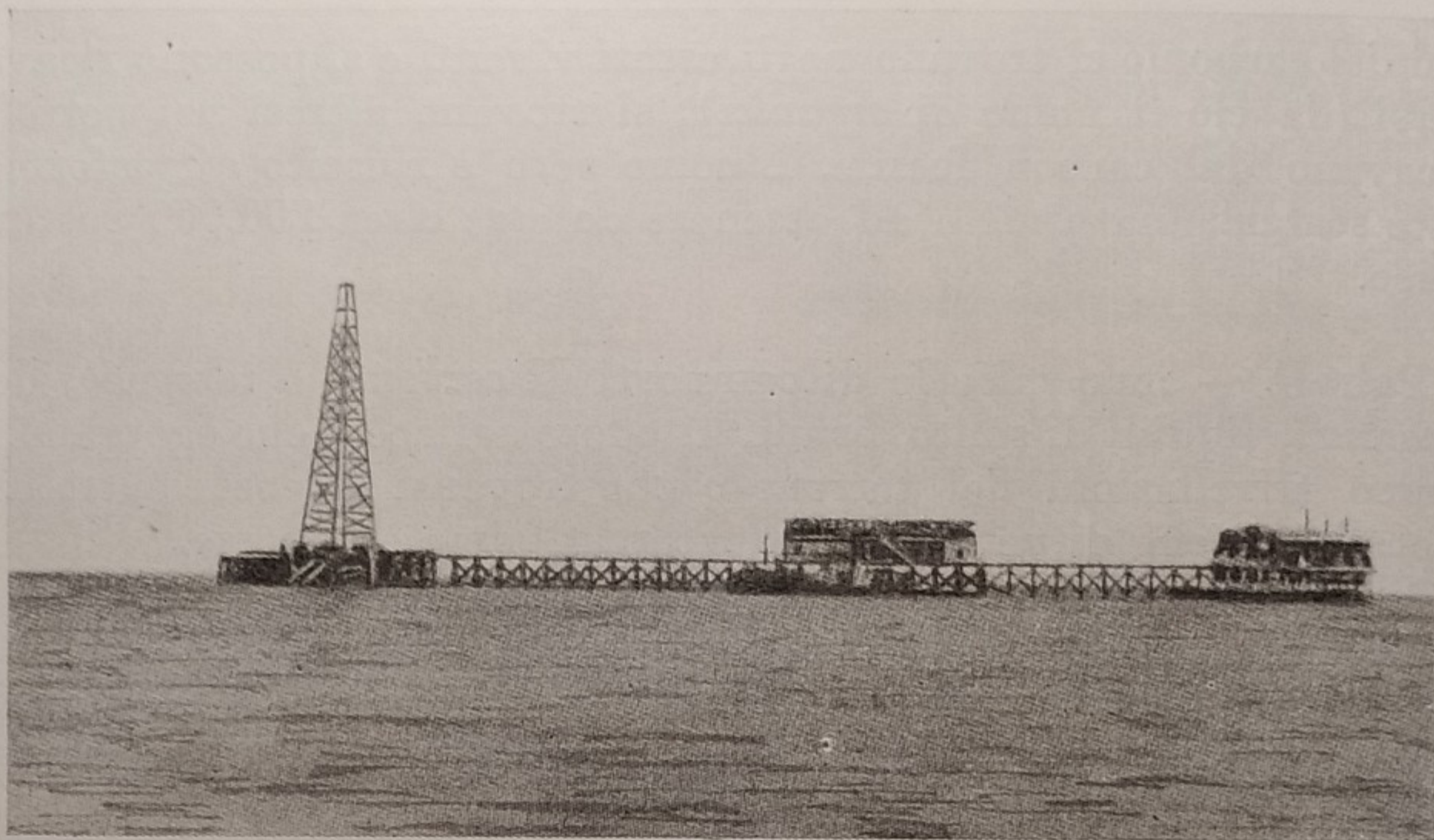
Gli Stati Uniti d'America sono i più ricchi in petrolio e sono quelli che ne producono in maggior quantità, seguìti dalla Unione Sovietica Russa che da parecchi anni si è rimessa a sfruttare le sue sorgenti di petrolio (regione del Caucaso), rimaste inattive in seguito alla rivoluzione.

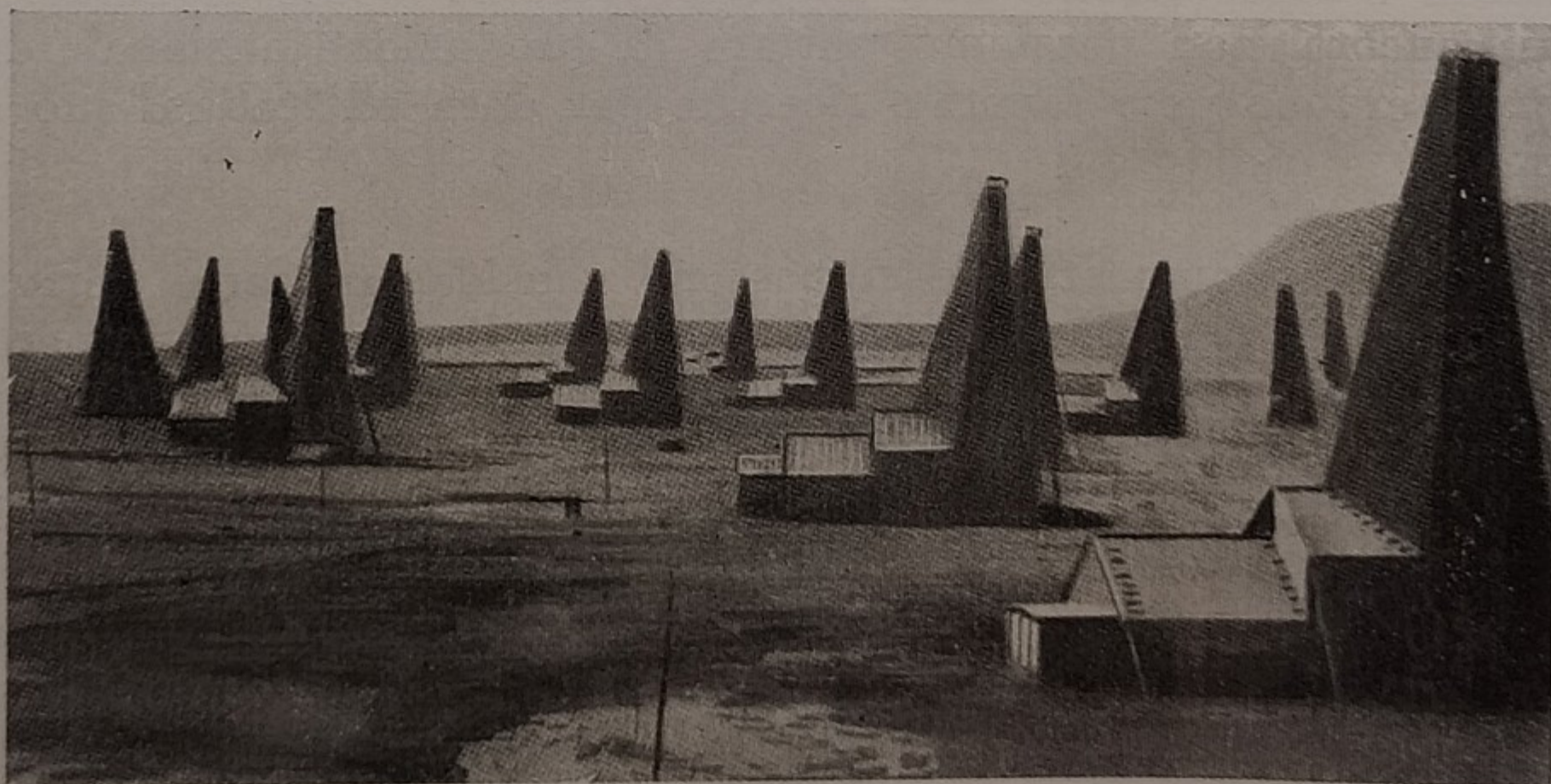
Dal petrolio grezzo per distillazione frazionata si possono ottenere molti prodotti:

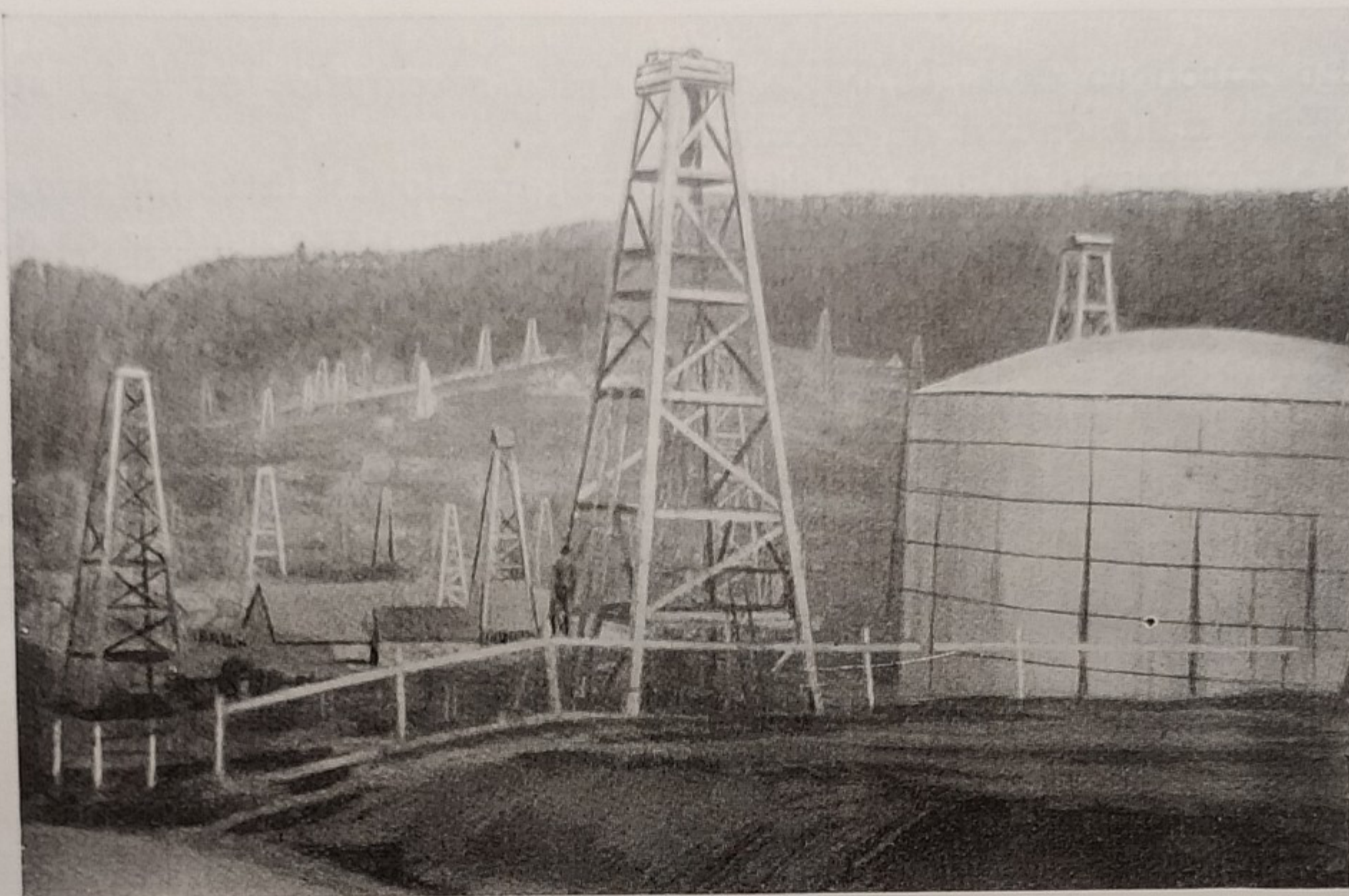
Fra i 40° e 150° distillano l'*etere di petrolio* poi la *benzina di petrolio*, e da ultimo la *ligroina*; fra 150° e i 300° distilla il *petrolio da ardere*; sopra i 300° si hanno altri numerosi prodotti, principalmente *vasellina, paraffina, olî pesanti.*

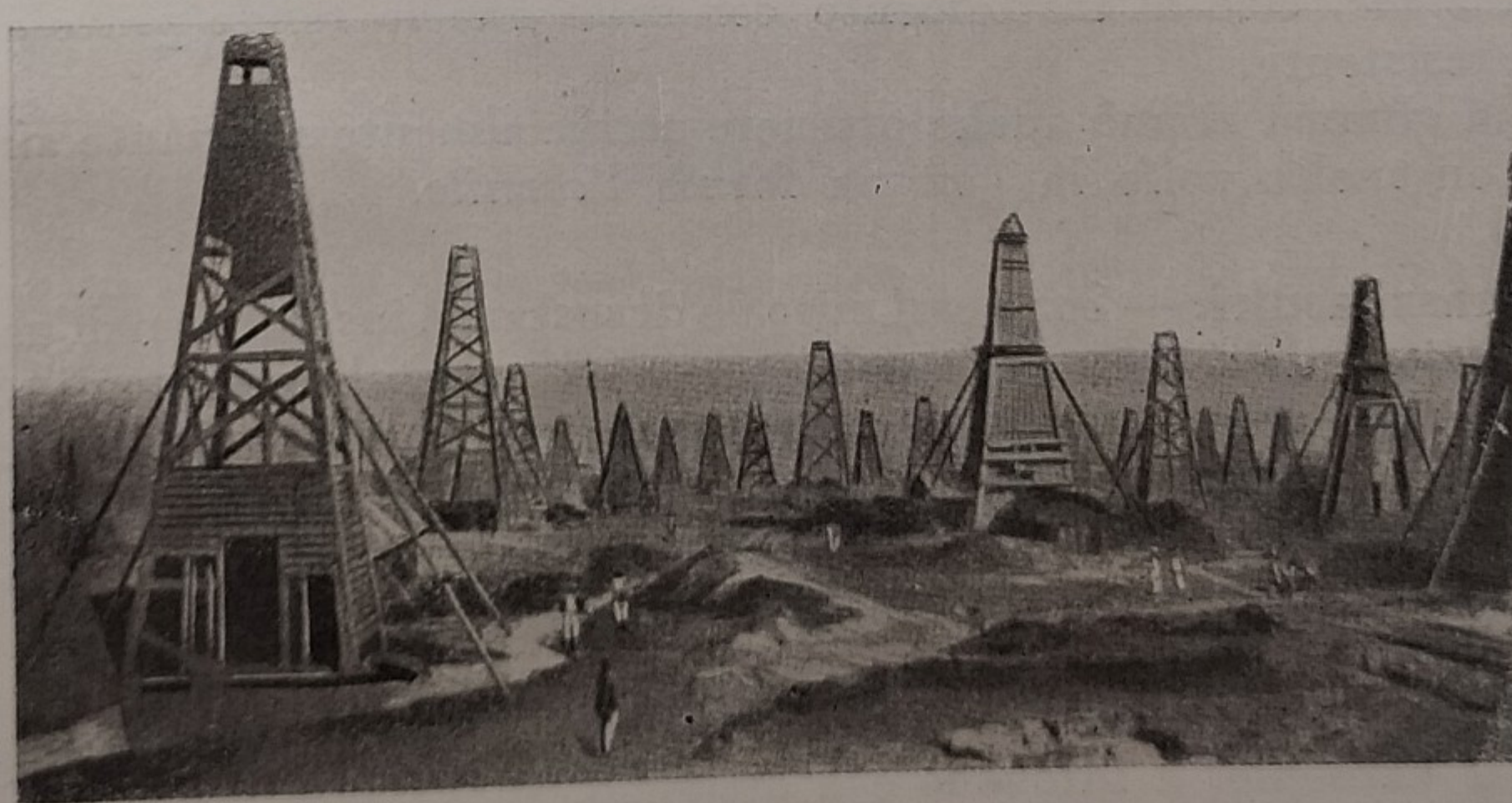
Il grande aumento nel consumo della *benzina* per i motori, rende assillante il problema della sua fabbricazione per i paesi che non sono ricchi in petrolio. In Germania la benzina si ottiene dal *carbon fossile,* mediante un procedimento speciale. In Italia, che ha poco petrolio in Emilia e rocce ricche d'*oli minerali pesanti* (rocce *asfaltiche*) in Sicilia, ancora non possiamo parlare di produzione nazionale della *benzina*. Fervono però lavori e ricerche per dare all'Italia il suo *carburante*.

Alcooli. — Composti che si possono considerare come derivanti dall'ossidazione degli *idrocarburi,* sono gli *alcooli,* fra i quali importantissimo è l'*alcool etilico*, che in grandissima quantità si fabbrica partendo dalle *melasse,* sostanze residue dell'estrazione dello zucchero dalle barbabietole da zucchero, e dalle *vinacce*. In piccola quantità si ottiene dall'uva. Esso è formato da carbonio, idrogeno e ossigeno e si trova nel vino, come prodotto della *fermentazione* dello *zucchero dell'uva,* che, in presenza di funghi piccolissimi, unicellulari, si scinde in alcool e anidride carbonica. L'ossidazione dell'*alcool* in presenza di speciali batterî, determina la formazione dell'*acido acetico*.

Zuccheri. — Gli zuccheri sono sostanze dolci d'origine vegetale, la cui molecola contiene una fila di 6 o 12 atomi di carbonio, ai quali poi si legano speciali gruppi di atomi d'ossigeno e idrogeno.

Pozzo petrolifero impiantato sull'acqua per raggiungere il giacimento che si trova in profondità sotto il fondo del bacino.

(*Da Ugolini: «Il petrolio e noi»*).

Se lo spessore dell'acqua che si stende sopra un terreno petrolifero non è eccessivo, conviene prosciugarlo e impiantare i pozzi sul terreno asciutto.

(*Da Ugolini: «Il petrolio e noi»*).

Pozzi e serbatoi petroliferi.

(*Da Ugolini: « Il petrolio e noi »*).

Selva di pozzi petroliferi.

(*Da Ugolini: « Il petrolio e noi »*).

Lo zucchero della *barbabietola* è detto *saccarosio*, ed è lo stesso contenuto nella canna da zucchero.

Lo zucchero dell'*uva* è detto *glucosio*, quello del latte *lattosio*, ecc.

Di tutti gli *zuccheri* l'unico che fermenti con produzione di *alcool* è il glucosio.

Quando allora si vuole ottenere alcool da un *amido*, prima bisogna trasformare questo in zucchero *glucosio*.

Amido. — Anch'esso è formato da carbonio, idrogeno e ossigeno, come gli zuccheri; però ha molecole molto più complesse, formate da una fila di centinaia di atomi di carbonio, e contiene in proporzione meno idrogeno e meno ossigeno degli zuccheri.

Si trova in molte parti delle piante verdi, accumulato in alcuni organi (semi, tuberi, frutti, ecc.), e non è solubile nell'acqua.

Cellulosio. — Presso a poco della stessa composizione dell'amido, questa sostanza forma le pareti delle cellule vegetali, ed oggi si usa in grande quantità per fabbricare la carta, la seta artificiale, la nitrocellulosa, ecc. Col cellulosio si fa anche la *celluloide*, di cui oggi una grande quantità viene impiegata nelle pellicole fotografiche.

Gomma elastica o **caucciù**, è un composto di carbonio e idrogeno, che si trova nel latice di alcune piante tropicali.

Essa ha acquistato oggi grande importanza per la preparazione di tutti gli oggetti di gomma. Il caucciù viene sottoposto alla *vulcanizzazione*, cioè al trattamento con zolfo che lo rende più elastico e più resistente.

La gomma si può anche ottenere artificialmente mediante *sintesi*.

Con molto zolfo la gomma forma l'*ebanite*.

Grassi neutri. — Sono essi miscele di sostanze insolubili nell'acqua, più leggiere dell'acqua, comuni nei grassi vegetali e animali. Sono formati di carbonio, idrogeno ed ossigeno, ma in proporzione contengono meno ossigeno degli zuccheri e degli amidi. Sono tre: l'*oleina*, la *palmitina* e la *stearina*. Scaldando i grassi in presenza di soda o potassa caustica, si ottengono i *saponi* e la *glicerina*.

Sostanze proteiche. — Vi sono alcune sostanze che contengono oltre a carbonio, a idrogeno e a ossigeno, anche azoto, e che hanno una molecola tanto complessa da non poter dire ancor oggi con sicurezza di quanti atomi sia fatta. Esse formano la maggior parte della sostanza vivente o protoplasma.

Vanno soggette a *putrefazione*, cioè la loro molecola viene attac-

cata e demolita da speciali batteri, con formazione di sostanze molto più semplici, fra le quali alcune d'odore sgradevole.

Sostanze organiche derivanti dalla distillazione del carbon fossile. — Abbiamo detto che gli atomi del carbonio possono legarsi a formare una specie di circolo chiuso, come nella figura. Sono 6 di solito gli atomi del carbonio che si legano in questo modo. Ad essi poi si legano altri atomi, fuori del circolo da essi delimitato. Molti di questi composti si ottengono dalla lavorazione del carbon fossile e precisamente dal *catrame*, che ne è un sottoprodotto.

Dal *catrame* infatti si ricava il *toluene*, col quale si fanno esplosivi potenti e sostanze coloranti. Dal *catrame* si ottiene l'*anilina*, sostanza preziosa per la preparazione dei colori, infine *medicinali*, *profumi*.

I METODI SINTETICI PER OTTENERE COMPOSTI DI CARBONIO

Una delle mète dei chimici è quella di giungere, partendo da sostanze molto semplici, a sostanze complesse, quali sono quelle di cui ci siamo ora occupati.

I chimici tentano in tutti i modi di ottenere per sintesi sostanze organiche.

Essi possono dirsi sulla buona via. Si fabbricano ormai *alcooli sintetici*, *acido acetico sintetico*, *indaco sintetico*, ecc.

MINERALOGIA

MINERALOGIA

CAPITOLO I.

Che cosa è un minerale e sue proprietà.

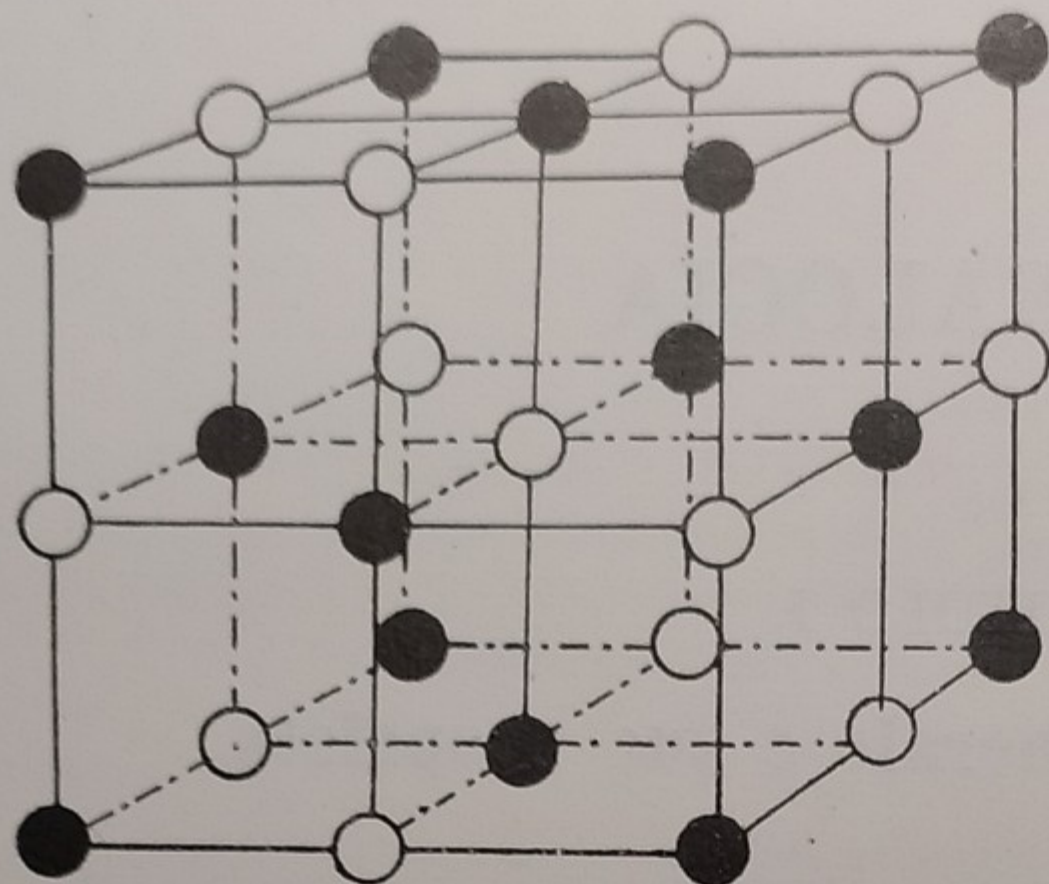
Il minerale è, dal punto di vista chimico, una sostanza semplice o composta, ma oltre ad avere una determinata composizione chimica, ha anche una determinata forma e struttura e si trova nella crosta terrestre. Per dare il nome al minerale bisogna dunque tener conto anche della forma, in modo che se una sostanza, di composizione chimica determinata, si presenta in natura con due o più forme, dobbiamo chiamarla con due o più nomi diversi. Ad esempio, il *carbonato di calcio* si trova in natura in due forme diverse, in due minerali, l'uno si chiama *calcite* e l'altro *aragonite*.

I CRISTALLI

La forma dei minerali è di solito *geometrica*, cioè essi si presentano in forma di *poliedri* più o meno regolari che si chiamano *cristalli*. La forma geometrica dei *cristalli* è dovuta alla regolare disposizione degli *atomi* che li formano. Oggi possiamo dire d'aver guardato entro il cristallo per vedere come è fatto. Da poco più di venti anni infatti, mediante i raggi X, si può ricostruire la disposizione degli atomi nei vari cristalli (vedi figura).

Però è bene ricordare che non solo i minerali, che sono corpi naturali, ma molte delle sostanze che l'uomo prepara da essi, sono formate da tanti cristallini riuniti insieme; così il ferro, il rame, lo zinco, ecc.

Pochissimi sono i minerali non cristallini, come l'*opale*. I cristalli seguono delle leggi speciali e sono veramente una delle meraviglie della natura. Basta pensare ad un *brillante*, ad uno *smeraldo*, ad un *rubino*, che sono cristalli naturali lavorati dall'uomo.

Molto spesso si può riconoscere un minerale dalla forma dei suoi cristalli.

Come sono disposti gli atomi di cloro e di sodio nei cristalli del sale da cucina.

Molte volte i cristalli sono piccoli o indistinti; in tal caso sono per lo più riuniti in grandi masse di *aggregati cristallini*, che prendono nome diverso a seconda dell'aspetto e della struttura, cioè delle disposizioni e forma dei cristallini.

Sfaldatura. — Se noi percuotiamo un cristallo, quasi sempre ci riesce di romperlo non secondo superficî irregolari come quando si rompe il vetro, sibbene secondo delle superficî piane che si presentano come faccette nuove. Questo fenomeno dicesi *sfaldatura* e rivela che nei cristalli vi sono direzioni lungo le quali più facilmente che secondo altre noi possiamo vincere quella forza che noi abbiamo chiamata *coesione* e che tiene unite le particelle delle sostanze solide.

Altri caratteri dei minerali. — Se la forma ha grande importanza per il riconoscimento dei minerali, non devono essere però trascurate altre proprietà. Importantissime fra queste sono le proprietà che un minerale rivela quando è colpito dalla luce. Se buona parte della luce attraversa il minerale, esso dicesi *trasparente*. Quando è trasparente può essere senza colore o colorato. Il colore alla sua volta può essere dovuto alla natura stessa del minerale, oppure a sostanze estranee che son racchiuse in esso. Per provare se il colore del minerale è dovuto alla sua natura, basta ridurlo in polvere. Se questa mantiene il colore che aveva il minerale prima della polverizzazione, allora il colore si deve ritenere *proprio* del minerale; se invece la polvere è biancastra, quando il minerale era ad esempio rosso o giallo, allora si deve ritenere il colore dovuto ad impurità.

Altri fenomeni interessanti presentano i cristalli nel loro modo di comportarsi rispetto alla luce.

Sapete dalla fisica che un raggio di luce quando passa dall'aria al vetro cambia direzione, ma resta *un* solo raggio e chiamiamo questo fenomeno *semplice rifrazione*.

Invece in alcuni minerali trasparenti e incolori il raggio che entra si divide in due raggi, dimodochè se osservate per trasparenza un punto

segnato a penna su un foglio di carta bianca con un cristallo di quei minerali, vedete il punto come se fosse doppio.

Questo fenomeno dicesi della *doppia rifrazione.*

Durezza. — Certamente non proverete la durezza dei corpi *percuotendoli.* I corpi che si rompono difficilmente alla percussione, ad esempio col martello, li chiamerete *tenaci*, mentre chiamerete *fragili* quelli che si romperanno facilmente alla percussione. Se lasciate cadere un pezzo di ferro e un diamante, il pezzo di ferro non si romperà, mentre il diamante facilmente si frantumerà. Se invece sfregate la superficie del ferro con la punta del diamante, questa si manterrà intatta mentre nel ferro vedrete un'incisione lasciata dal passaggio della punta di diamante.

In quest'ultimo caso avrete provato la durezza dei due corpi e potrete dire che il *diamante* è più duro del *ferro*, perchè il primo scalfisce il secondo e non è alla sua volta scalfito dal primo.

Si può fare una scala delle durezze dei minerali, prendendo un certo numero di minerali, e ordinandoli in modo che, tranne il primo termine che è il meno duro di tutti, gli altri termini scalfiscano il termine precedente. Si usa infatti una scala di dieci minerali, detta *scala delle durezze*, che è molto pratica e comoda. Per scalfire i minerali dei quali vogliamo misurare la durezza, possiamo ricorrere a mezzi semplici, provandoci prima con l'unghia, poi con la punta del temperino, poi con una punta di diamante. Possiamo anche ricorrere a strumenti molto precisi.

Con lo studio delle proprietà di cui si è fatto cenno, forma, colore, rifrangenza, durezza, sfaldatura, si può arrivare, almeno per i minerali più comuni, ad un rapido riconoscimento. Però le prove chimiche alle quali possiamo sottoporre il minerale hanno pure grande importanza.

I minerali e l'Italia. — Si sente sovente ripetere che l'Italia non è ricca di minerali; sarebbe però più esatto dire che l'Italia non è ricca di *alcuni minerali*, e fra questi purtroppo bisogna contare quelli più preziosi, mentre è abbastanza ricca di altri minerali e di alcuni è molto ricca. Il 50 % del mercurio che si produce in tutto il mondo è italiano. Produciamo anche grandi quantità di acido borico, di zolfo, siamo ricchi in minerali di alluminio, e abbastanza ricchi in minerali di piombo, zinco, cadmio e magnesio.

Difettiamo di *carboni fossili*, di minerali di ferro, di rame, di oro, diamante, platino.

Non dimentichiamo mai che la vera ricchezza sta nell'*ingegno* e nella *buona volontà*. Grandiose riserve di minerali utili, come il rame, o preziosi come il diamante, si trovano in regioni, come il Catanga in

Africa, nelle quali solo da poco penetra l'uomo europeo. Da millenni e millenni quelle regioni sono abitate da uomini selvaggi e le loro ricchezze non furono valorizzate. Viceversa in Germania durante la guerra, i tedeschi non avevano zolfo per le polveri da sparo e lo ricavarono dal gesso!

CAPITOLO II.

Tre minerali comuni.

Zolfo. — Si trova in bei cristalli gialli che scricchiolano quando sono scaldati con la mano. Noi ne abbiamo in grandi quantità in Sicilia e in notevole quantità nelle Marche, dove la produzione di zolfo va aumentando di anno in anno. Parecchi anni or sono eravamo i maggiori produttori di zolfo del mondo. Oggi invece ci superano gli Stati Uniti d'America che ne producono due milioni circa di tonnellate all'anno, mentre noi ne produciamo circa 300.000 tonnellate. La ragione per la quale gli Stati Uniti hanno potuto conquistare il mercato mondiale dello zolfo, va ricercata soprattutto nello sfruttamento razionale del loro minerale.

Lo zolfo serve ad un gran numero d'industrie.

Salgemma. — Entro la terra si trovano grandiose quantità di *salgemma*, che è *cloruro di sodio.* Talvolta questi depositi di sale rendono salate le acque che li attraversano e che possono poi uscire alla superficie della terra sotto forma di sorgenti fangose (*salse*).

Così in Italia nei dintorni di Fidenza possiamo ottenere sale dalle acque salse (Salsomaggiore).

Abbiamo invece vero *salgemma* in Sicilia, in Calabria e a Volterra. Però il salgemma italiano non basta al nostro consumo, per cui una grande quantità del sale che occorre al consumo viene ottenuto dal mare (*salmarino*).

Il salgemma si trova in cubi incolori, se puro, oppure variamente colorati per impurità.

Il salgemma serve a molte industrie chimiche, e se ne consuma una grande quantità come alimento per l'uomo e anche per il bestiame (*sale pastorizio*).

Quarzo. — È uno dei minerali più abbondanti in natura ed anche dei più usati. Basti pensare che serve per fare le *malte* (la *sabbia* è in buona parte formata da frammentini di cristalli di quarzo) e il *vetro*.

Esso si trova talvolta in cristalli grossi come paracarri, limpidi e

I. Un bel cristallo di *Zolfo* della nostra Sicilia – II. Cristallo cubico di *Salgemma* – III. Limpido *cristallo di rocca*, varietà di *Quarzo* – IV. Gruppo di cristalli di *Quarzo* – V. Cristallo isolato di *Leucite*, minerale di Alluminio e di Potassio – VI. Cristallini giallo-verdi di *Calcopirite*, il più importante minerale di Rame – VII. Cristalli di *Galena* (minerale di Piombo) – VIII. Tetraedro giallo scuro di *Blenda*, importante minerale di Zinco – IX. *Calamina*, minerale di zinco abbondante in Sardegna, di color azzurro per impurità di Rame – X. Ottaedro di *Magnetite* (minerale di Ferro) – XI. Romboedro di *Magnetite* (minerale di

Ferro) – XII. *Ematite*, ossido di Ferro rossastro – XIII. *Pirite*, (minerale di Ferro e Zolfo) – XIV. *Diamante* impiantato ancora nella roccia madre – XV. *Smeraldo*, una delle gemme più preziose (silicato di Alluminio e Berillio, che chiamasi *Berillo*) – XVI. *Rubino*, varietà del *Corindone*, ossidio d'Alluminio, detto *Rubino orientale* – XVII. *Zaffiro*, varietà del Corindone – XVIII. *Topazio* vero, silicato d'Alluminio, altra pietra preziosa – XIX. Un cristallo giallo di Quarzo lavorato – XX. *Cinabro*, minerale abbondante in Italia dal quale si estrae il Mercurio.

I. Un bel cristallo di *Zolfo* della nostra Sicilia – II. Cristallo cubico di *Salgemma* – III. Limpido *cristallo di rocca*, varietà di *Quarzo* – IV. Gruppo di cristalli di *Quarzo* – V. Cristallo isolato di *Leucite*, minerale di Alluminio e di Potassio – VI. Cristallini giallo-verdi di *Calcopirite*, il più importante minerale di Rame – VII. Cristalli di *Galena* (minerale di Piombo) – VIII. Tetraedro giallo scuro di *Blenda*, importante minerale di Zinco – IX. *Calamina*, minerale di zinco abbondante in Sardegna, di color azzurro per impurità di Rame – X. Ottaedro di *Magnetite* (minerale di Ferro) – XI. Romboedro di *Magnetite* (minerale di Ferro) – XII. *Ematite*, ossido di Ferro rossastro – XIII. *Pirite*, (minerale di Ferro e Zolfo) – XIV. *Diamante* impiantato ancora nella roccia madre – XV. *Smeraldo*, una delle gemme più preziose (silicato di Alluminio e Berillio, che chiamasi *Berillo*) – XVI. *Rubino*, varietà del *Corindone*, ossidio d'Alluminio, detto *Rubino orientale* – XVII. *Zaffiro*, varietà del Corindone – XVIII. *Topazio* vero, silicato d'Alluminio, altra pietra preziosa – XIX. Un cristallo giallo di Quarzo lavorato – XX. *Cinabro*, minerale abbondante in Italia dal quale si estrae il Mercurio.

incolori, della forma di quello che v'abbiamo figurato nella tavola a colori. Ma alcune varietà sono colorate in violetto, in giallo, in rosso, in nero, e possono servire come *pietre ornamentali.* Molti cristallini minutissimi di quarzo, non visibili ad occhio nudo, riuniti assieme costituiscono quelle pietre ornamentali dure, note sotto il nome di *agate* (bianche e rosse) e di *onici* (bianche e nere).

Col quarzo fuso si possono fare oggettini ornamentali.

CAPITOLO III.

I minerali dei metalli comuni.

MINERALI DEL CALCIO

I minerali del metallo *calcio* hanno una grande importanza come materiali da costruzione, e fra questi importantissimi sono la *calcite,* la *dolomite* e il *gesso.*

Calcite. — È carbonato di calcio che cristallizza di solito in romboedri, talvolta in grossi individui cristallini, tal'altra in piccoli individui strettamente uniti fra loro. Di quest'ultimo tipo è la *calcite* che forma i candidi *marmi delle Alpi Apuane,* che si esportano in tutto il mondo, usati come pietra statuaria e da taglio. Invece altre rocce calcaree formate da CALCITE non granulare, sono ottime per la preparazione, della calce viva. Altre varietà di rocce ricche in calcite servono per la preparazione dei *cementi.*

Dolomite. — Cristallizza essa pure in romboedri ma diversi dalla calcite, ed è formata da carbonato di calcio e magnesio riuniti in proporzioni fisse.

Essa costituisce la parte predominante di quella roccia che prende il nome di *Dolomia* da quello di uno scienziato francese. Essa forma le guglie delle Alpi dolomitiche, le quali costituiscono uno dei paesaggi più meravigliosi del mondo.

Alcune varietà di *Dolomite* servono per dare delle buone *calci.*

Gesso. — È un solfato di calcio, in cui ogni molecola di solfato è legata a due molecole d'acqua, le quali contribuiscono alla costruzione del cristallo. Si trova in cristalli talvolta molto grandi, a superficie lucente, incolori e trasparenti, aventi forma di ferro di lancia, come nei giacimenti di zolfo della Sicilia, talvolta invece in masse compatte come nell'*alabastro di Volterra.*

Quando la molecola del solfato di calcio non è legata ad acqua, allora si ha quel minerale che dicesi *anidrite*, che vuol dire appunto senz'acqua. Alcune varietà di *anidrite* possono servire come *pietra da taglio*.

I MINERALI DELL'ALLUMINIO

Data la grande importanza assunta dall'alluminio nella vita moderna, ne deriva anche l'importanza dei minerali d'alluminio, dai quali esso può venire estratto.

In verità molti sono i minerali di alluminio, ma non tutti vengono usufruiti dalle industrie.

Leucite. — Il nome vuol dire *minerale bianco*, ed è infatti di solito bianco. Osservate la figura del cristallo di *leucite* della tavola colorata. Quella è la forma nella quale essa si rinviene. Sovente però la leucite, che è un silicato di alluminio e potassio, è alterata, e per eliminazione del potassio è trasformata in caolino.

Essa rappresenta il minerale di riserva dell'alluminio per l'Italia. Se ne ricavano *alluminio* e composti di *potassio* che servono all'agricoltura come concimi.

Bauxite. — Nell'Istria, nelle Puglie, nella Terra di Lavoro, si trova in grande quantità un *idrato d'alluminio* molto impuro che ha preso il nome di *Bauxite*. È oggi il minerale più importante per l'estrazione dell'alluminio.

Sostanza argillosa. — In quella roccia formata da finissime particelle che si chiama *argilla*, il minerale più abbondante è il *silicato d'alluminio* o *sostanza argillosa*.

Con le argille si fanno i *mattoni*, le *tegole*, le *mattonelle*, le *piastrelle* in *grès*, ecc.

Caolino. — Il *silicato d'alluminio* puro e cristallino prende il nome di *caolino* (nome che in cinese vuol dire montagna bianca), è d'un bianco puro, polverulento, e serve per fare le *porcellane* e le *maioliche* fini.

I MINERALI DEL RAME

Rame nativo. — Il rame si trova in una certa quantità in natura non combinato con altri elementi, in cristalli cubici, ottaedrici, di color rosso. In quantità notevole si trova soltanto nel Nord America.

Calcopirite. — Questo è il più importante minerale di *rame*, e precisamente è un composto di rame, ferro e solfo. Di color giallo ottone tendente al verdastro, molte volte presenta la superficie dei cristalli iridescente per alterazione. In Italia ne abbiamo in Toscana, nel Veneto, nelle Alpi occidentali e in Liguria, complessivamente in ben 322 miniere, ma l'industria estrattiva del rame è oggi in decadenza da noi. Grandiosi giacimenti di calcopirite si trovano negli Stati Uniti e nel Congo Belga.

I MINERALI DI PIOMBO

Galena. — Il *solfuro di piombo*, cristallizzato di solito in cubi, di color grigio piombo, con lucentezza metallica, costituisce la *galena*, il più importante minerale di piombo. Essa trovasi in notevole quantità in Sardegna, e serve per la preparazione del *piombo* e dell'*argento*.
Si usa anche per alcuni tipi d'apparecchî *radio*. Però buona parte, della *galena* estratta in Italia viene spedita all'estero.

I MINERALI DI ZINCO

Blenda. — Questo importantissimo minerale di zinco, è solfuro di zinco, cristallizzato di solito in tetraedri che vanno dal giallo-bruno al nero, con facce lucenti. Ne abbiamo in Italia in Lombardia (Prealpi), in Alto Adige e in qualche località della Toscana (Massa Marittima).

Minerali calaminari. — Per l'Italia non è la blenda il più importante minerale di zinco, ma lo sono quei due minerali che vanno sotto il nome complessivo di *calaminari*, e che sono la *calamina* e la *smithsonite*, la prima un silicato, la seconda un carbonato di zinco. La prima si presenta sovente in masse cristalline colorate da impurità. Giacimenti importanti si trovano in Sardegna (Iglesiente).

I MINERALI DEL FERRO

Poichè il ferro libero, non combinato, è molto raro in natura, grande importanza hanno i minerali che ne sono ricchi. I più importanti ed abbondanti minerali di ferro sono: l'*ematite* e la *magnetite*, composti di ferro e ossigeno (ossidi di ferro); la *limonite* che è composta di ferro ossigeno e idrogeno (ossido idrato di ferro); la *siderite* che è un carbonato di ferro; la *pirite* che è un solfuro di ferro.
Ottimi minerali di ferro sono i primi due. L'*ematite* dicesi così

Ingresso alla miniera di magnetite di Cogne (Valle d'Aosta).

perchè alcune varietà di essa si presentano di color rosso sangue; cristallizza in romboedri, nelle stesse forme della *calcite*. Si trova sovente in aggregati cristallini della forma rappresentata nella tavola a colori.

La *magnetite* è detta così perchè parecchi esemplari di essa sono capaci di attirare il ferro, hanno cioè *polarità magnetica*.

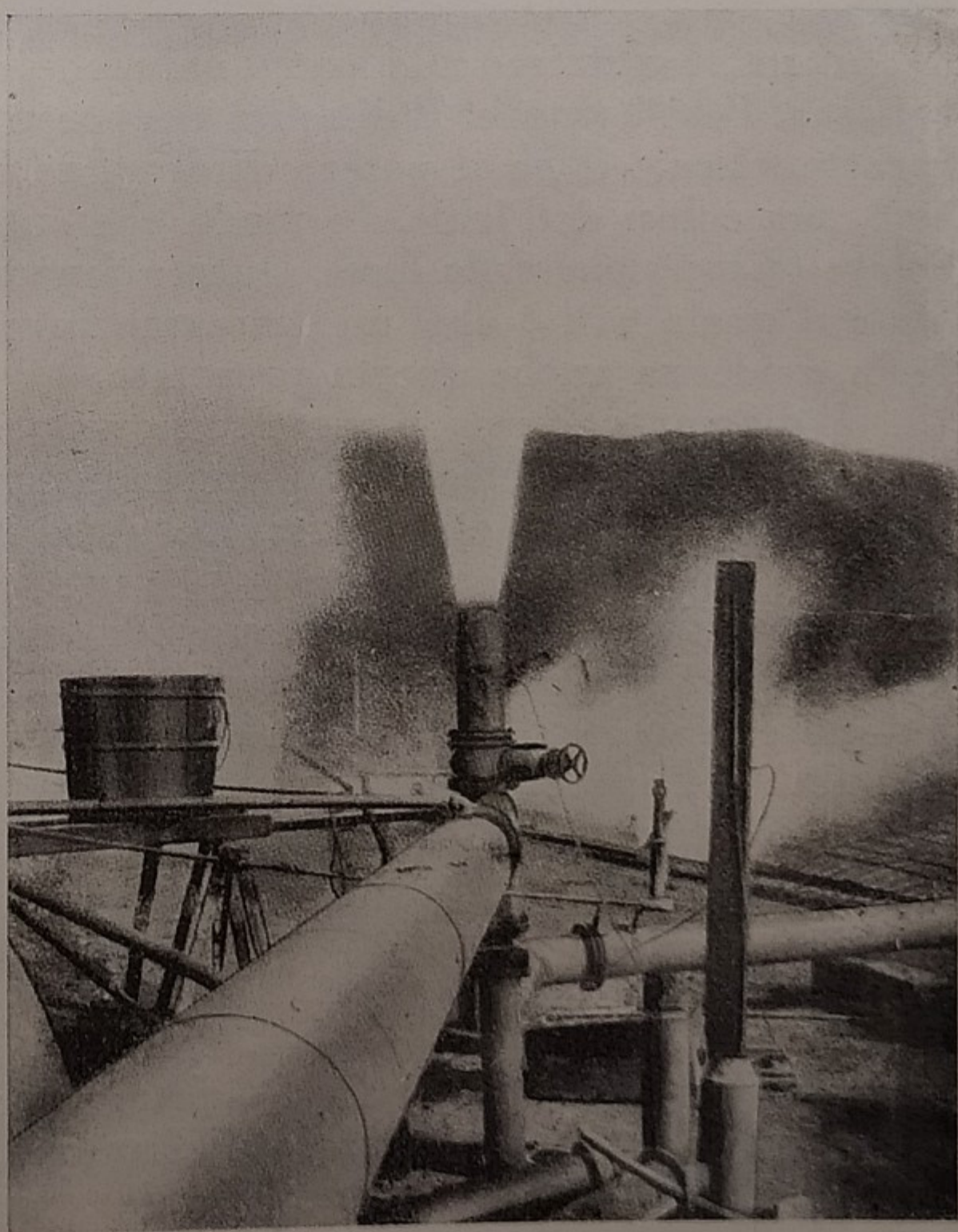
È un composto molto ricco in ferro e noi italiani abbiamo dell'ottima magnetite in Val d'Aosta (Cogne) e nell'isola d'Elba. Presenta dei bei cristalli, ottaedri e rombodecaedri, come vedete nella tavola a colori. È nera, con lucentezza metallica.

La *limonite*, lo dice il nome, è, in alcune varietà, di color giallo, e non si presenta mai in cristalli distinti. Si sfrutta per l'estrazione del ferro soprattutto in Francia (Lorena).

La *siderite* si trova raramente in bei cristalli, sovente in grandi ammassi nelle valli Bergamasche e Bresciane e in notevole quantità in Sardegna. È un ottimo minerale di ferro.

La *pirite*, solfuro di ferro, è molto abbondante in natura. Cristallizza in bei cristalli con lucentezza metallica, di color giallo ottone, in forma di *cubi*, di *pentagonododecaedri*. Si brucia in forni speciali per la produzione di anidride solforosa, che alla sua volta serve per fabbricare l'acido solforico. Le *ceneri di pirite* che rimangono nei forni sono ricchi in ferro ed oggi si sfruttano, almeno in parte, per ottenere ghisa.

MINERALI DEL BORO

Un composto importante del Boro, che si trova in quantità cospicue in Italia, è il *Sassolino*, detto anche *acido borico*, che viene portato in superficie in grandi

Uno dei più potenti soffioni boraciferi di Larderello, ottenuto mediante trivellazione.

quantità da getti di vapore d'acqua ad alta temperatura e a forte pressione. Tali getti si dicono *soffioni boraciferi*, e da essi si ottiene l'acido borico del commercio.

CAPITOLO IV.

Pietre preziose.

Che cosa è la *preziosità?* È l'alto valore o pregio che dà l'uomo ad alcuni oggetti e fra questi si contano alcuni minerali rari che per lucentezza, colore, durezza, resistenza chimica, hanno la *bellezza* congiunta alla *durevolezza*. A questi pregi l'uomo unisce quello della lavorazione. Nei minerali possiamo distinguere le pietre preziose dai metalli preziosi (oro, platino, argento).

Il re delle pietre preziose, resta pur sempre il *diamante* che non è che carbonio purissimo. Esso cristallizza in *ottaedri*, cioè in solidi formati da otto facce, e in altre forme a maggior numero di facce.

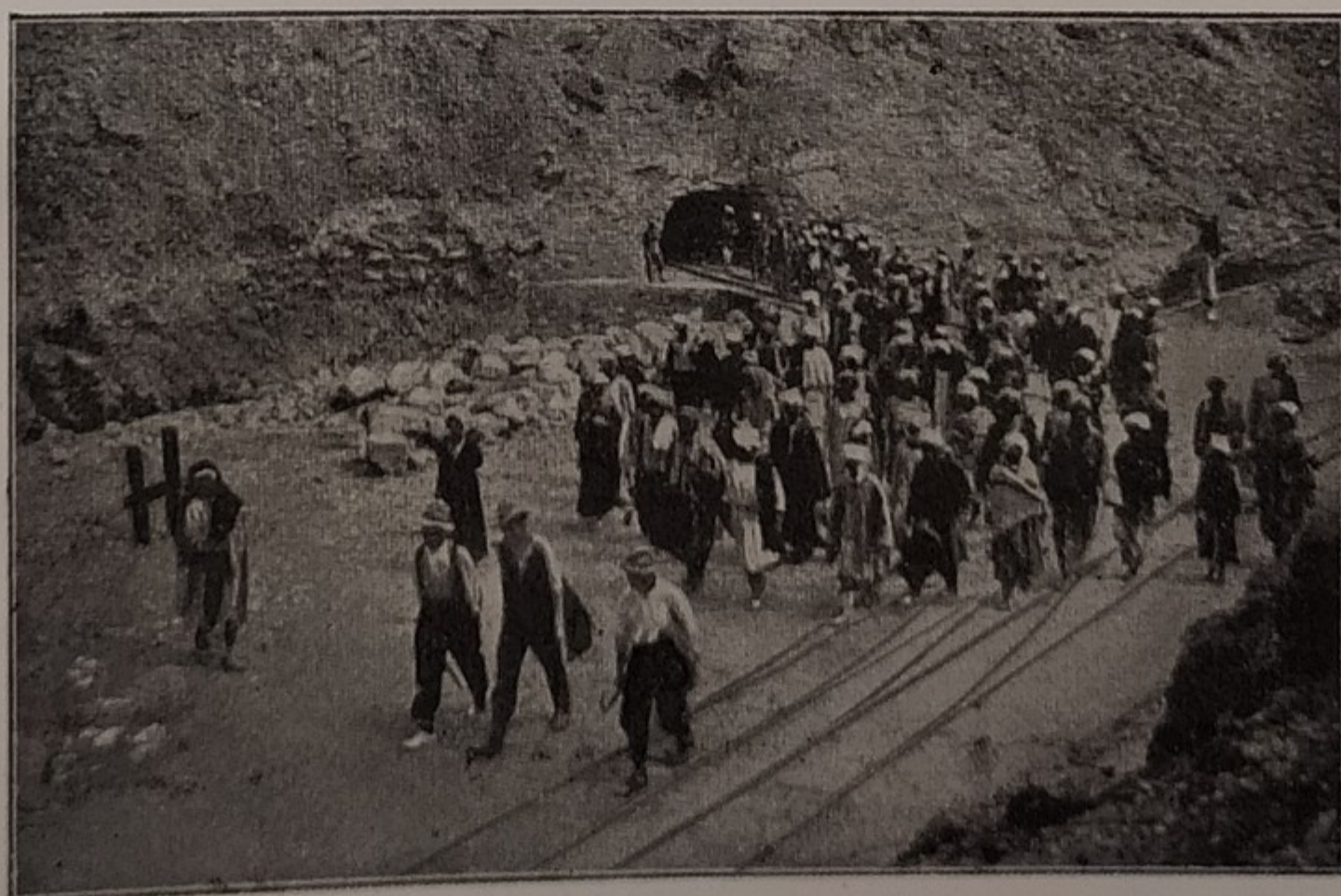
È resistentissimo alle azioni chimiche ed è il corpo più duro che si conosca. Però è *fragile*. È di solito trasparente e incoloro, con lucentezza caratteristica, ed ha il potere di dividere la luce bianca che entra in esso, nei colori dell'iride, in modo che entra bianca ed esce di vario colore (*dispersione della luce*). Questo fenomeno è ben visibile nel *brillante* il quale non è che un diamante lavorato in modo da mettere in bella evidenza anche questa proprietà.

Il diamante si pesa in carati: un *carato* equivale a 200 milligrammi.

Il più grande diamante del mondo finora trovato pesava 3025 carati (diamante Cullinan) ed è stato suddiviso in quattro brillanti.

Smeraldo. — Questa pietra preziosa che l'antica superstizione considerava come apportatrice di fortuna, allo stesso modo del diamante, può gareggiare con questo in bellezza. Chimicamente è un silicato di alluminio e berillio e cristallizza in prismi esagonali di un verde smagliante, come vedete dalla figura. I più begli esemplari provenivano un tempo dall'Egitto, oggi dalla Columbia (America del Sud). Col nome di *smeraldo orientale* si chiama una varietà rarissima di *corindone*, più dura dello smeraldo comune.

Rubino orientale e zaffiro. — Sono tutte e due varietà del minerale *corindone*, il quale è un ossido d'alluminio, molto duro e molto resistente agli acidi. Sotto il nome di *rubino* vanno in generale molte pietre *rosse* di diversa composizione del *rubino orientale*, ma il più pregiato è quest'ultimo che è il più duro. Bellissimi rubini provengono dall'India

Miniera di fosfati in Egitto (presso Cosseira), sfruttata da italiani.

Operai che escono dalla miniera di fosfati presso Cosseira.

e dal Siam. Oggi si hanno *rubini scientifici*, cioè *rubini* ottenuti dall'*allumina cromata*, che hanno le stesse proprietà e lo stesso aspetto dei rubini veri.

Lo *zaffiro* è una varietà azzurra di corindone. Ha anch'esso un alto pregio. Oggi però si riproducono gli *zaffiri* partendo dall'allumina, come si fa per il *rubino*.

Topazio. — È una pietra preziosa tipicamente gialla, che trovasi in una certa abbondanza nel Brasile e negli Urali; è molto dura, e lavorata acquista grande lucentezza.

CAPITOLO V.

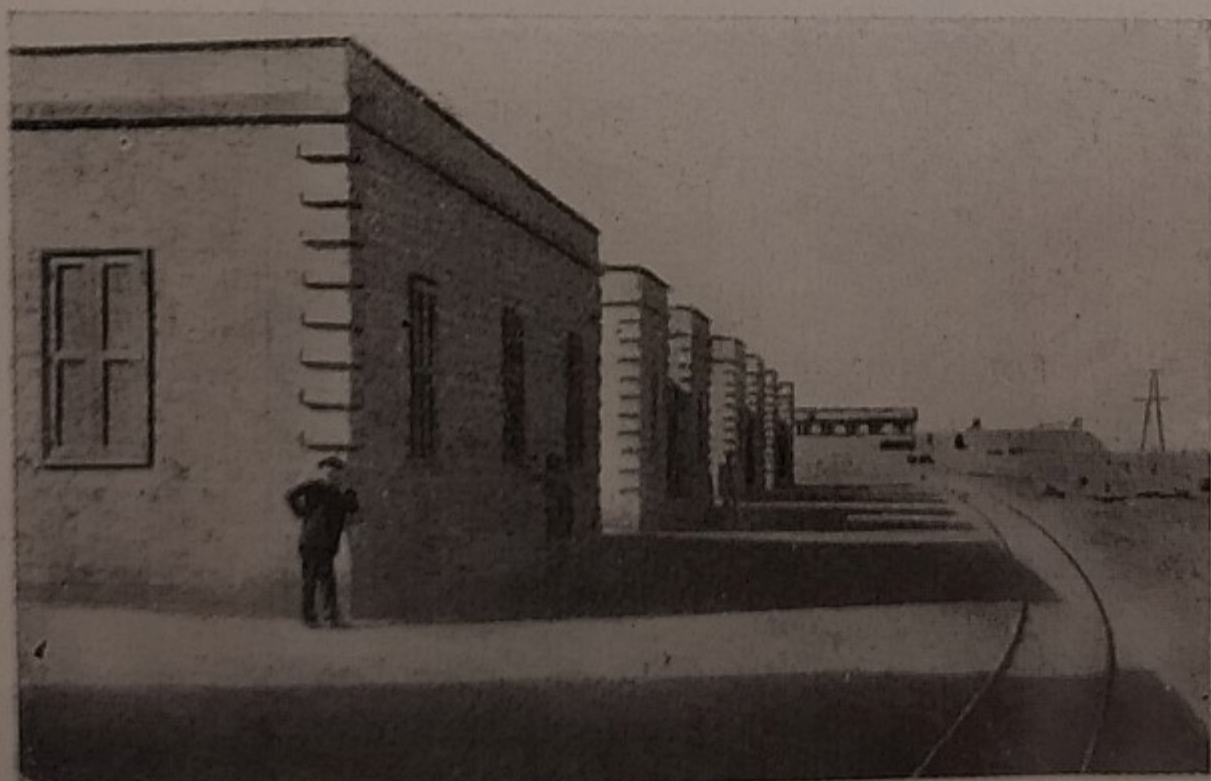
I minerali che rendono fertili i nostri campi.

I MINERALI DELL'AZOTO

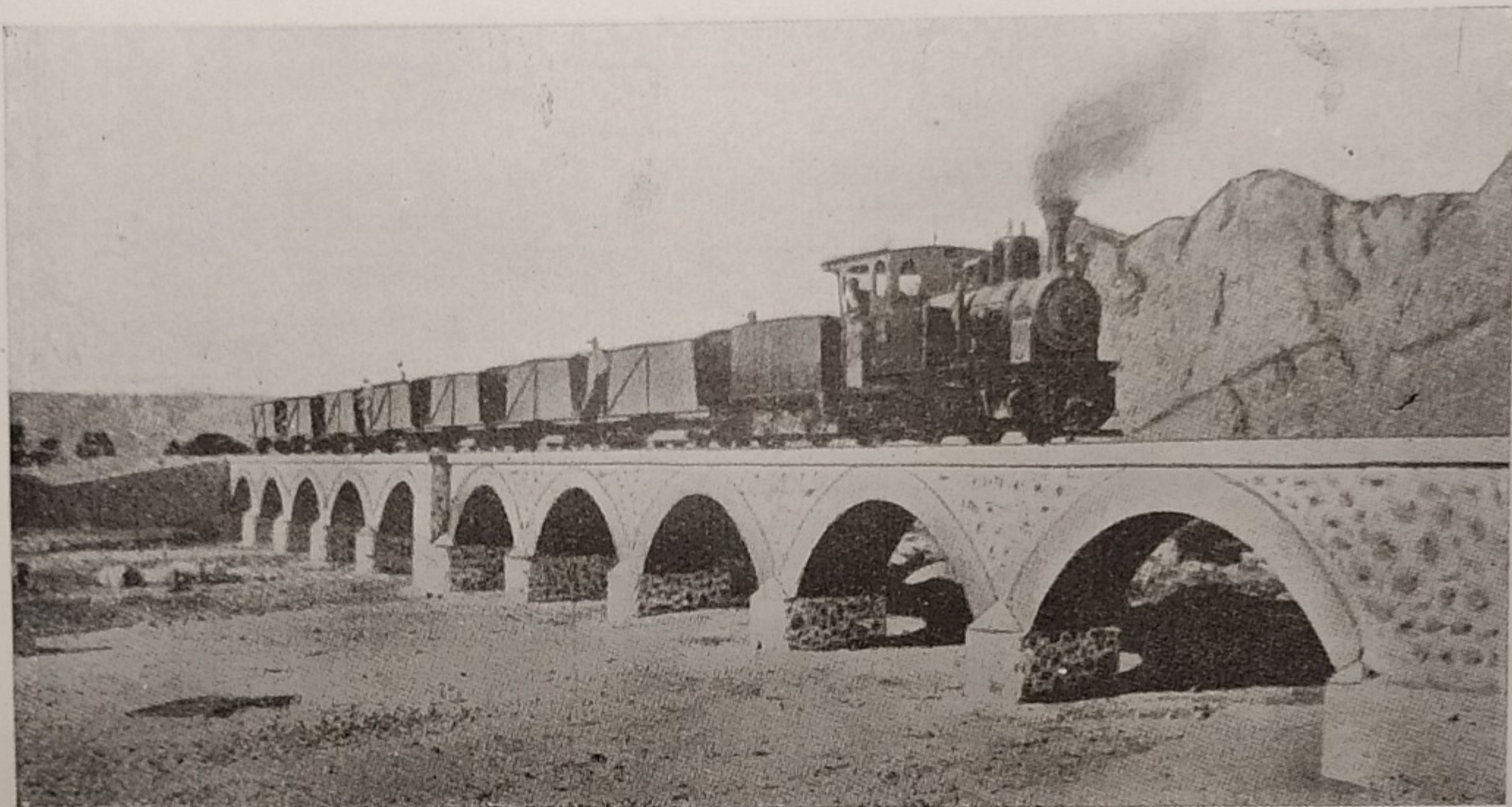
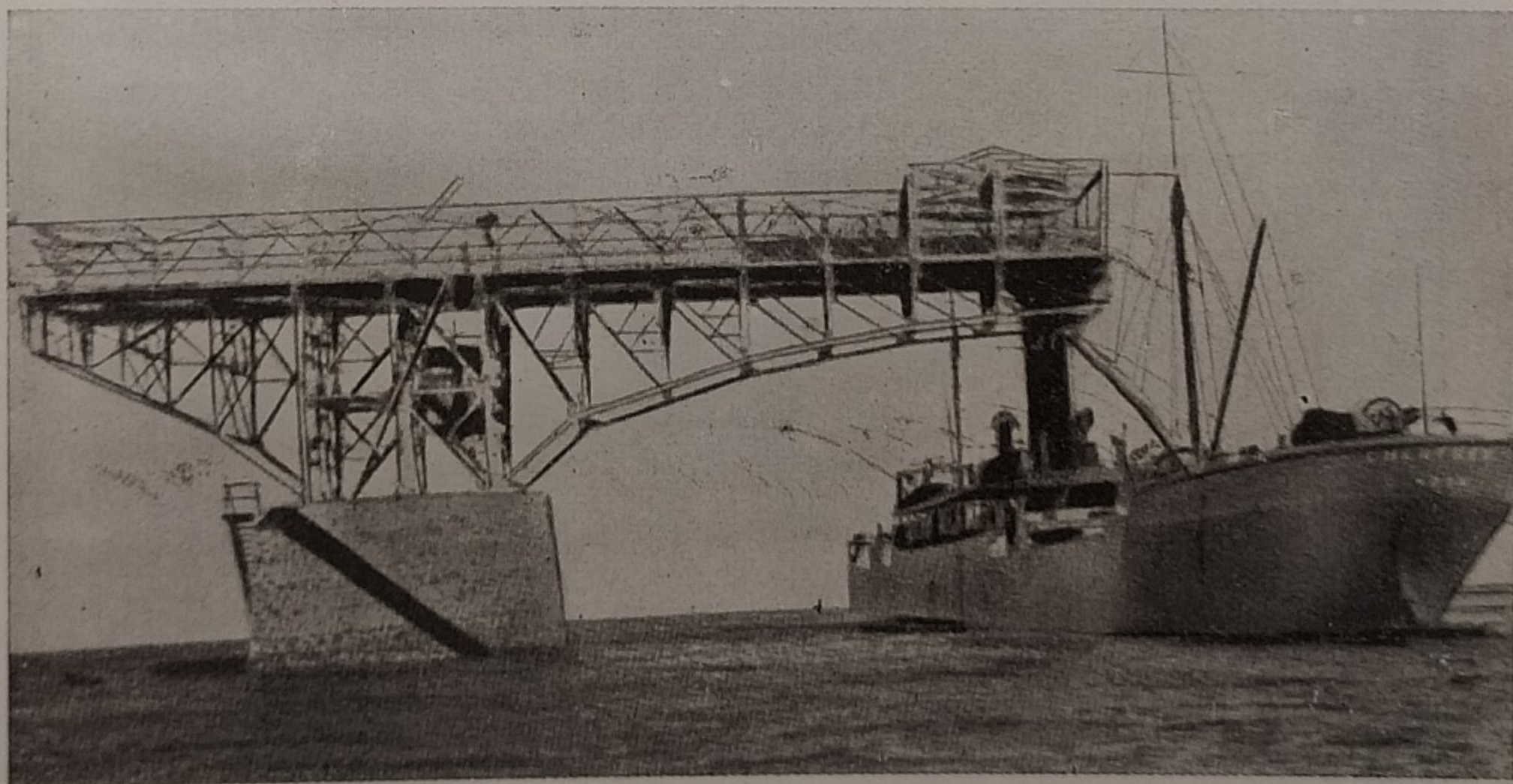
Salnitro del Cile o Sodanitro. — È l'unico minerale abbondante d'azoto; è *nitrato di sodio* e forma giacimenti grandiosi in regioni deserte del Cile.

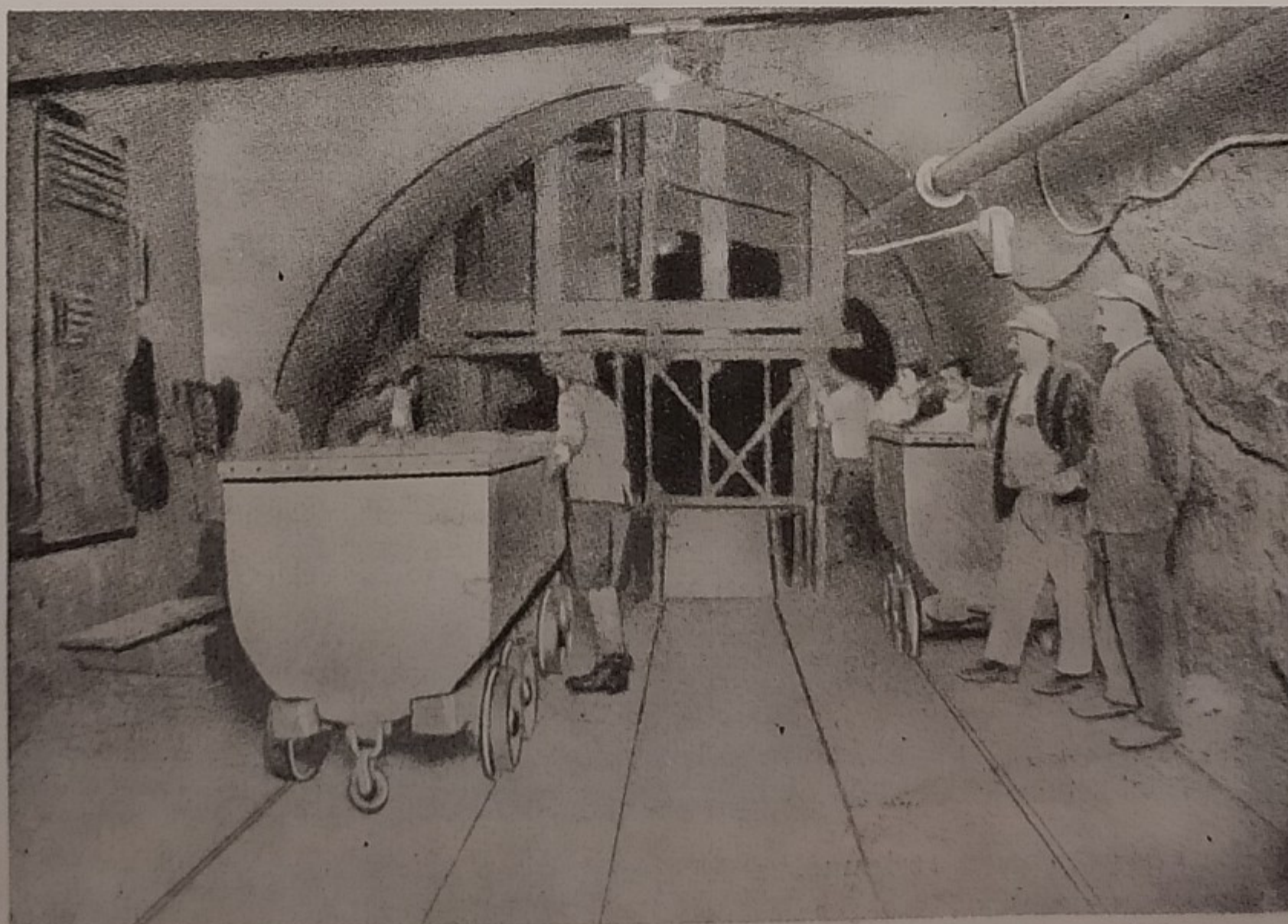
Si trova in masse bianche granulari.

Oggi in grande quantità si producono composti d'azoto partendo dall'azoto dell'atmosfera, come vi è stato detto in chimica; purtuttavia il nitro del Cile ha sempre grande importanza come fertilizzante in agricoltura.

I MINERALI DEL FOSFORO

Le belle casette costruite dagli italiani per le maestranze della miniera di fosfati presso Cosseira.

Apatite. — Molto diffusa in natura è l'*apatite*, che è sostanzialmente un fosfato di calcio. Essa cristallizza in prismi esagonali, e dove trovasi in grande quantità si preparano con essa i *fosfati* da usare come concimi chimici.

Fosforiti. — Sono rocce ricche di *fosfato di*

La ferrovia costruita dagli italiani per il trasporto dei fosfati a Cosseira.

Come si effettua il caricamento dei fosfati su di un piroscafo a Cosseira.

Prodigioso sviluppo della vegetazione del frumento ottenuto con le moderne concimazioni chimiche.

Galleria di una miniera di silvite con carrelli carichi di minerali, pronti ad essere caricati sugli ascensori.

calcio e se ne hanno estesi giacimenti nell'Africa settentrionale. I giacimenti dell'Egitto sono sfruttati da una Società italiana costituitasi nel 1927.

I MINERALI DEL POTASSIO

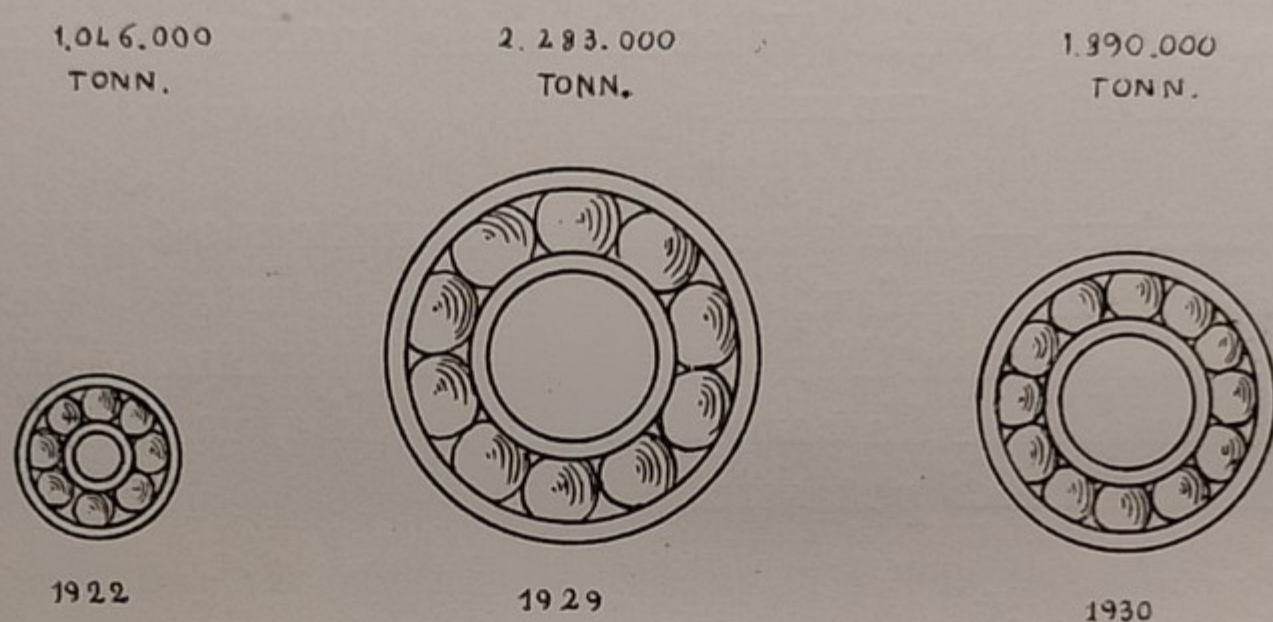
Silvite. — Il *cloruro di potassio,* che cristallizza in cubi e ottaedri, è abbastanza abbondante in natura in alcune località ove si trova anche il salgemma. L'Italia ha in concessione dall'Etiopia un tratto della Dancalia in cui vi sono importanti giacimenti di *silvite* che sono stati sfruttati durante la guerra. Vi sono anche giacimenti importanti in Alsazia e a Stassfurt (Germania).

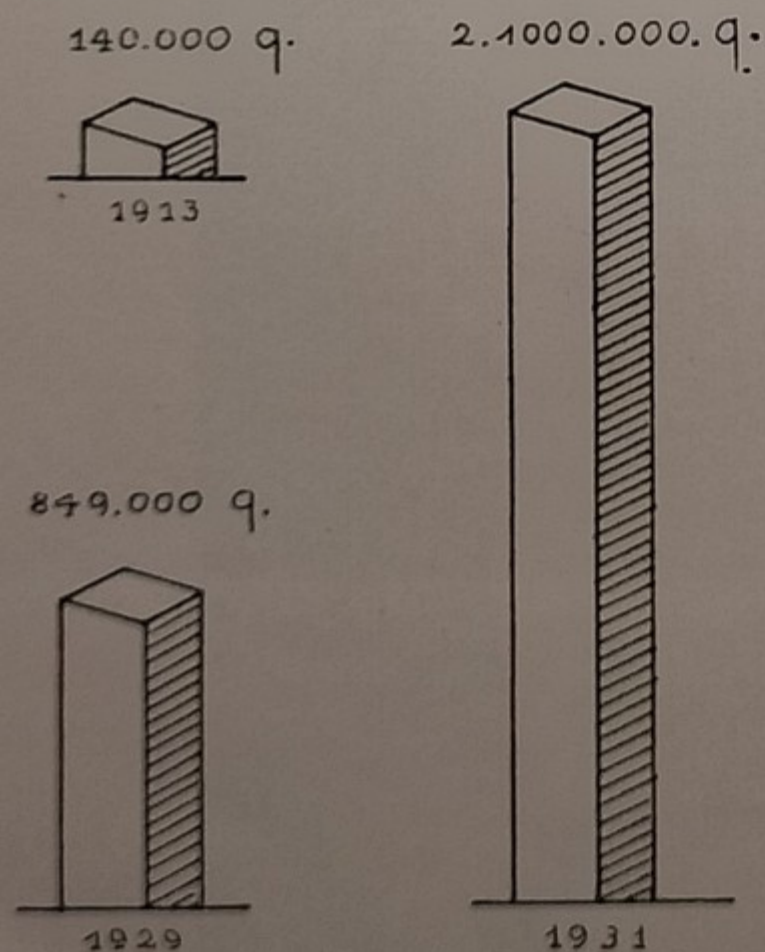
Sali di Stassfurt. — Con questo nome si indicano complessivamente tutti quei sali che a Stassfurt (a sud di Madgeburgo), accompagnano i giacimenti di salgemma. Fra questi sali, importantissimi sono quelli contenenti potassio, come la *carnallite* e la *kainite,* usati per la preparazione di concimi chimici potassici.

CAPITOLO VI.

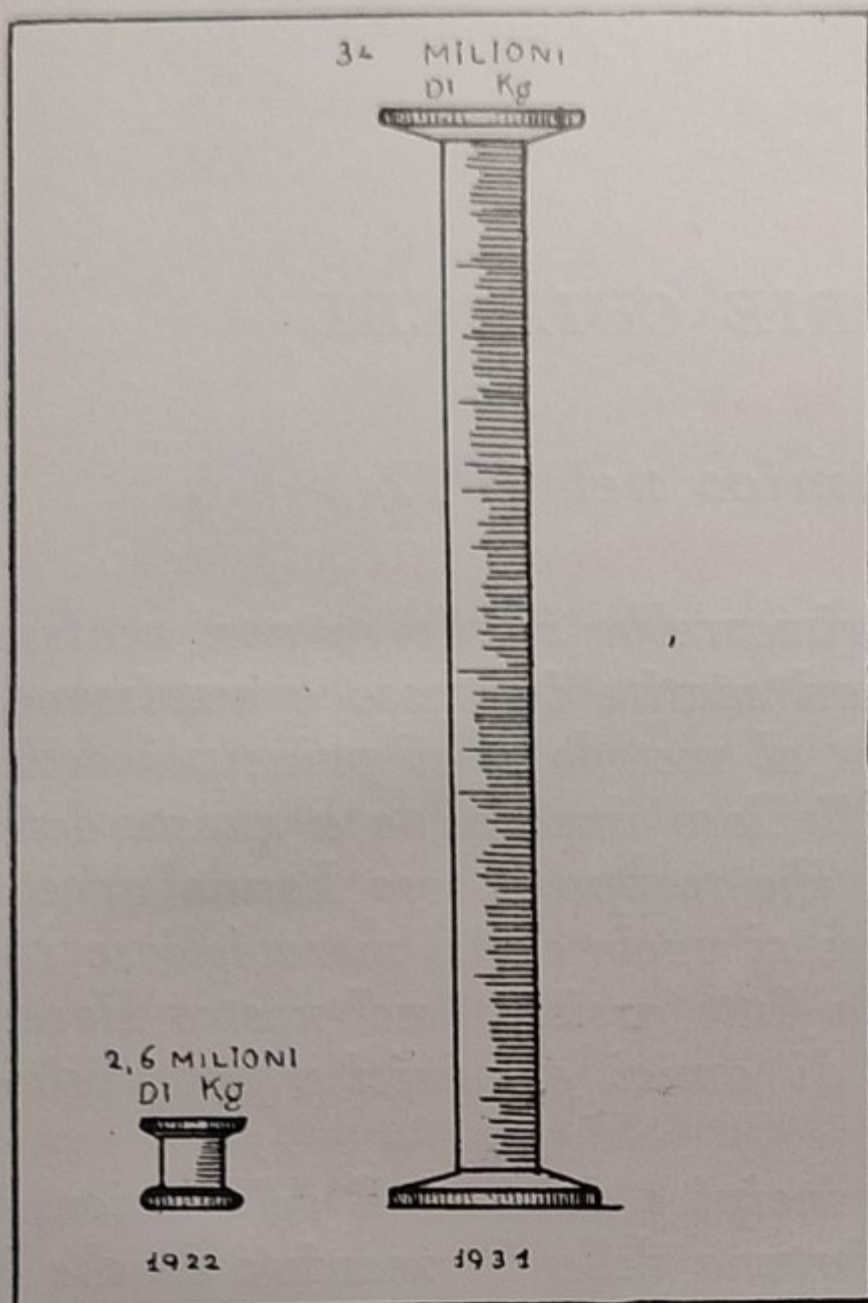
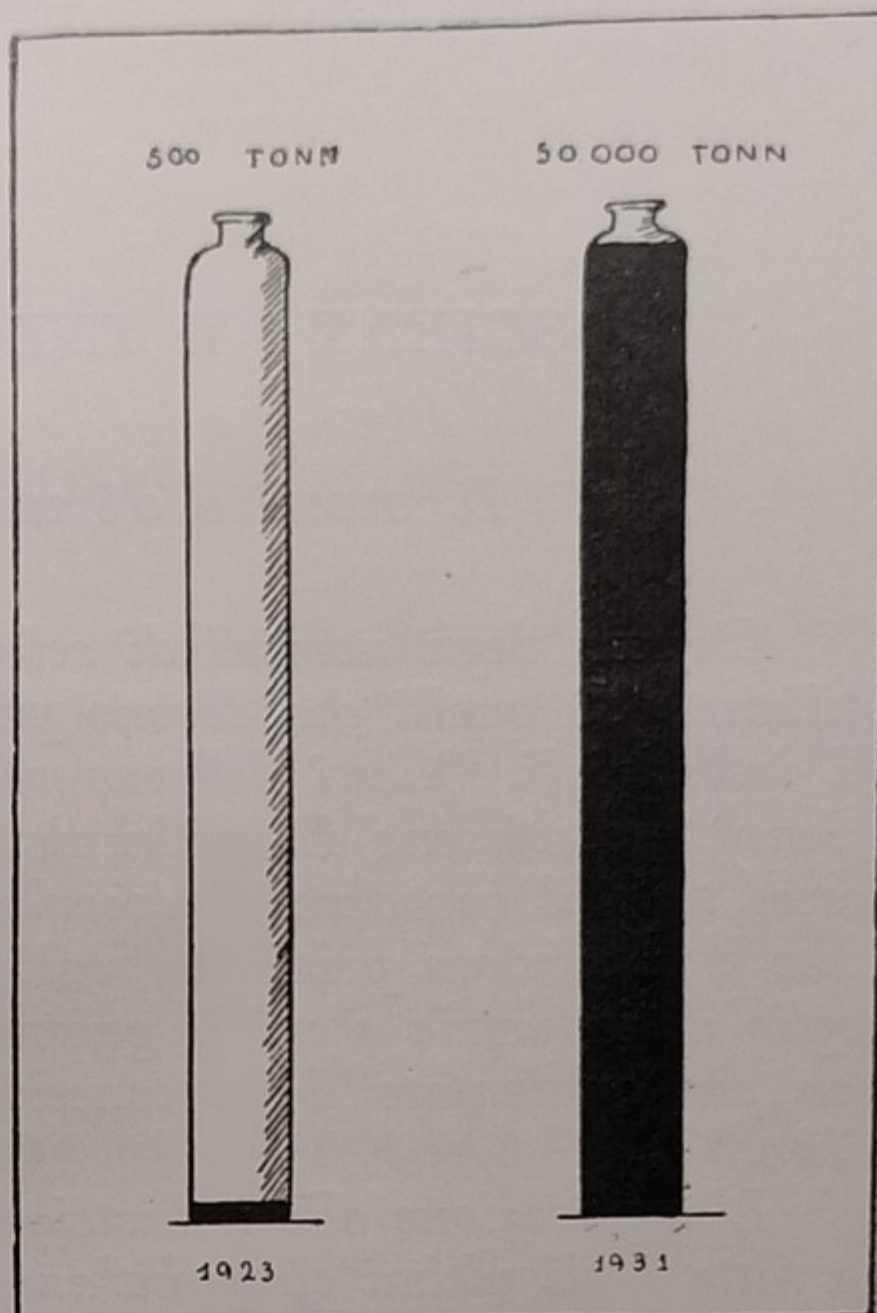
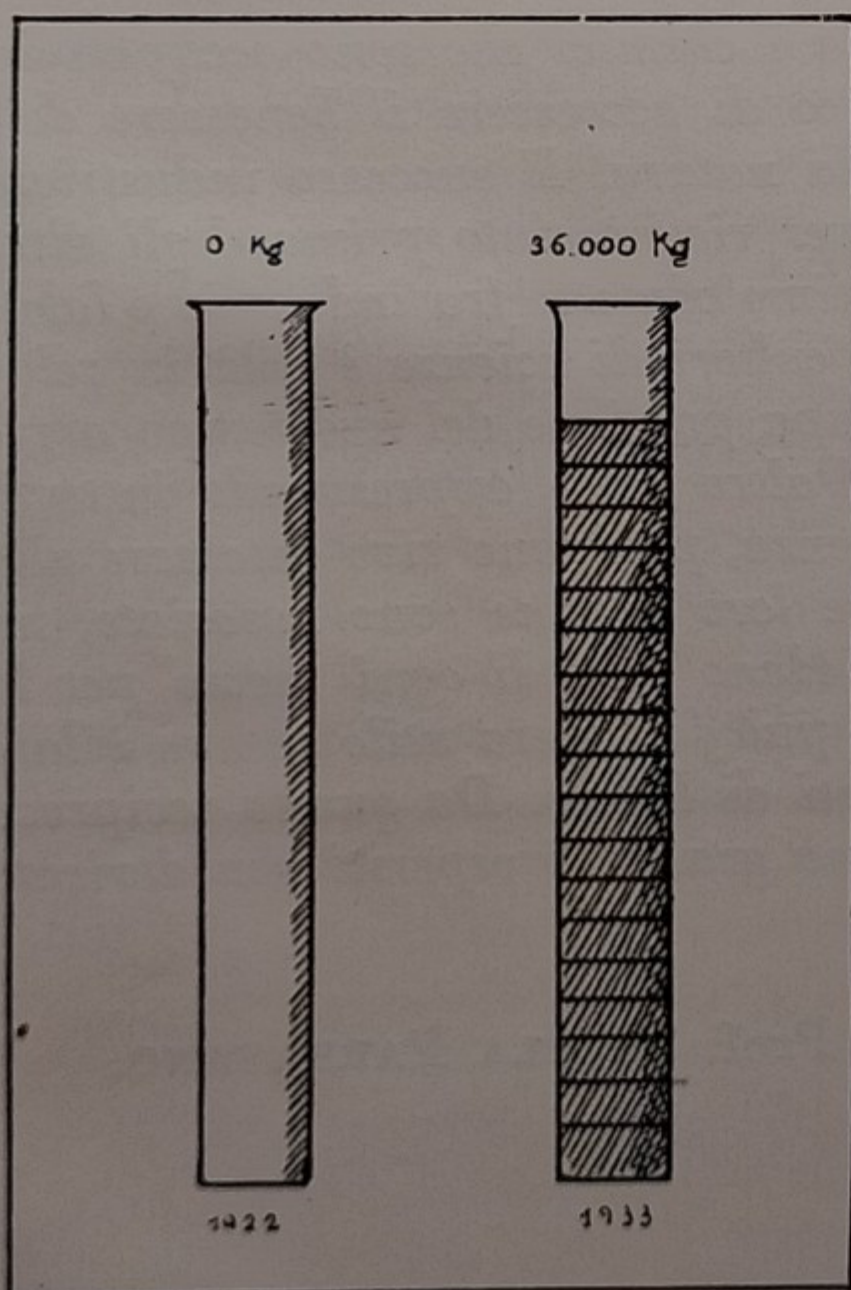
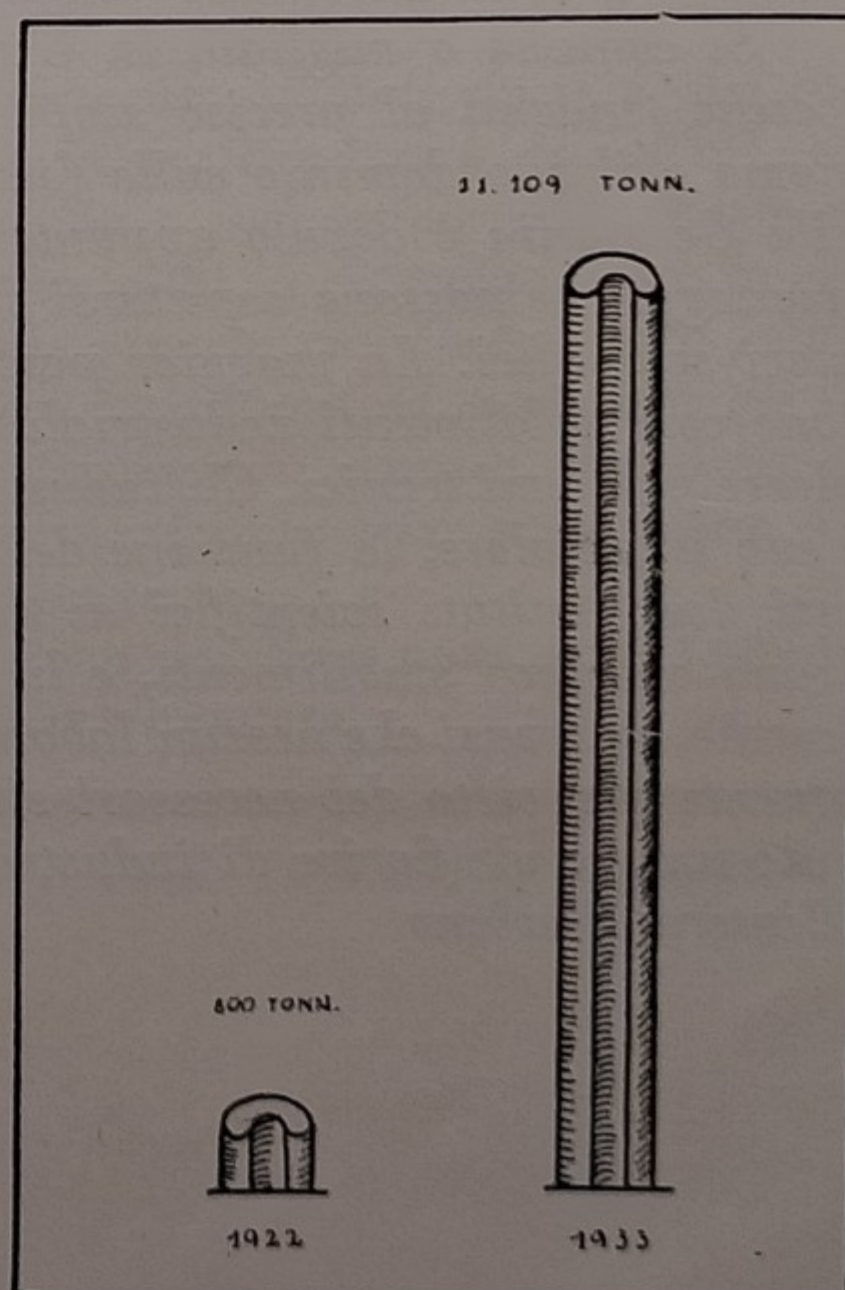
L'Italia e l'industrie chimiche.

I° DECENNALE

Dai seguenti grafici avrete un' idea dello sforzo che l' Italia ha fatto in questi dieci anni, in cui lo Stato Fascista è stato l'anima e

Produzione dell'acciaio e del ferro in Italia dal 1922 al 1930.

il sostegno di ogni progresso. L'Italia è oggi al quinto posto del mondo per le industrie chimiche; pensando alla povertà di molte sostanze fondamentali per la chimica di cui soffre l'Italia, lo sforzo e l'ascesa ci debbono riempire d'orgoglio.

Produzione italiana della soda e della potassa dal 1913 al 1931.

Però il Fascismo non vuole che l'orgoglio del presente ci offuschi la netta visione del domani; il domani significa sorpassarci, produrre di più, trovare nuovi mezzi di produzione, essere intelligentemente vigili, dallo scienziato che lavora nel suo laboratorio all'operaio che sorveglia i forni o le macchine potenti.

Ci vuole l'intelligenza anche in ogni più umile lavoro perchè si vinca; l'operaio deve essere l'intelligente cooperatore dello scienziato, l'uno e l'altro lavorando per il progresso dell'Italia nel mondo, per la nostra indipendenza economica.

Produzione italiana del *rayon* o seta artificiale.

Produzione italiana della soda liquida.

Produzione italiana dello jodio.

Produzione italiana dell'alluminio.

SCIENZA E INDUSTRIE CHIMICHE

Il monito di un chimico nel 1917

L'opera degli uomini di scienza, rimarrebbe sterile se non venisse utilizzata da quelli che devono per primi sentire interesse a servirsene, gli industriali. Questi debbono ricorrere al metodo e ai principii della scienza e servirsene di guida sicura delle loro imprese, e a queste deve essere tolto il carattere di speculazione che troppo spesso hanno avuto. Ecco le condizioni prime da realizzare se si vuole che il meraviglioso rigoglio di industrie a cui la guerra ci ha fatto assistere nel nostro Paese non sia annientato dalla concorrenza di amici e nemici a pace ristabilita.

L'applicazione alle industrie dei principi e dei metodi della scienza ha fatto negli ultimi cinquant'anni la fortuna della Germania; da che è scoppiata la guerra, assemblee, riviste, e giornali scientifici, tecnici, industriali, commerciali e politici, di tutto il mondo, sono venuti e vengono continuamente e concordemente alla stessa conclusione. Mai il consenso mondiale è stato altrettanto unanime.

Si contano a migliaia in Germania i chimici che sono occupati in ricerche tendenti al preciso scopo pratico di accrescere il benessere dell'uomo e il suo dominio sulle forze della natura. Il successo industriale della Germania è dovuto appunto all'aver riconosciuto prima degli altri i vantaggi che possono aspettarsi dall'intimo contatto fra industria e laboratori scientifici. La maggior parte dei cultori di scienze è colà in relazione con stabilimenti industriali e occupa porzione del suo tempo a risolvere problemi tecnici. Gli industriali d'altra parte, apprezzando in tutto il suo alto valore, la funzione della scienza, prendono vivo interesse alle sorti degli istituti scientifici ai quali le loro officine sono associate, ne creano nei loro stabilimenti, e li provvedono tutti di ogni mezzo per le ricerche, persuasi che nessun laboratorio può far opera utile se non è largamente provvisto dei necessari strumenti di lavoro. Da questo reciproco aiuto un grande fiorire di industrie e una grande prosperità son derivate all'intera Nazione.

Prof. NICOLA PARRAVANO.

REALIZZAZIONI FASCISTE

Nella scienza e nelle industrie chimiche (1932)

I moniti e l'evidenza dei fatti avevano spinto coraggiosi industriali ad impiantare accanto alle loro officine di produzione, grandi e bene attrezzati laboratori di ricerca scientifica. Ne sorsero dappertutto, dall'Italia settentrionale alla Sicilia; uomini di scienza varcarono le soglie delle fabbriche per dedicare la propria attività in favore di ricerche industriali.

Ma anche questo nuovo atto di comprensione e di fervore dell'industria italiana pareva dovesse naufragare, non corrispondendo ad esso tutte quelle previdenze di governo necessarie alla vita e allo sviluppo industriale, e fra queste l'incoraggiamento all'alta cultura ed i mezzi agli istituti scientifici.

Il Fascismo ha anche in questo campo operato senza indugio. Alle incertezze ed ai temporeggiamenti si è sostituita l'azione decisa e rapida: oggi i ricercatori italiani sentono di non essere più estranei alla Nazione e di lavorare in un clima che è il loro.

Lo ha detto recentemente il Duce: il clima della Rivoluzione è adatto alla ricerca scientifica.

I nostri scienziati si sono maggiormente affiatati con i nostri industriali e gli uni e gli altri procedono in perfetta unità di intenti, verso un'unica meta: l'indipendenza economica e industriale della Nazione.

I laboratori scientifici delle officine, sotto la direzione e con la collaborazione di uomini di scienza, hanno ripreso con lena il loro proficuo lavoro, mentre negli istituti universitari, migliorati ed aumentati gli insegnamenti ed accresciuti i mezzi per l'indagine, accanto alle ricerche di scienza pura, che è sempre la base di ogni industria, si studiano anche problemi di immediata applicazione pratica.

Certo ancora c'è da progredire; ma in dieci anni si è fatto tanto cammino quanto non se ne era fatto in cinquanta.

Prof. DOMENICO MAROTTA.

ERRATA — CORRIGE

A pag. 74, riga 35, invece di la_4, leggi la_3.

» » 98, » 11 e 15, invece di *— 180°*, leggi *— 140°*.

» » 99, fine del § 99, aggiungi: *L'elio fu solidificato soltanto in piccola quantità nel Laboratorio di Leyda.*

» » 106, fig. 123, riga 6 della didascalia, invece di *Ad ogni giro*, leggi *Ad ogni mezzo giro*.

» » 123, » 140, » 2 » » invece di *minore*, leggi *maggiore*.

» » 128, riga 4, invece di *800*, leggi *700*.

» » 158, fig. 201, riga 1 della didascalia, invece di *scarica*, leggi *carica*.

» » 187, » 247, » ultima della didascalia, invece di $1{,}4_2$ *ad* $1{,}50$, leggi $^1/_{42}$ *ad* $^1/_{50}$.

INDICE

FISICA

PARTE I.

Nozioni preliminari.

PARTE II.

Meccanica generale.

CAPITOLO I.

Il movimento.

CAPITOLO II.

L'inerzia e le forze.

CAPITOLO III.

Le macchine.

Capitolo IV.
La dinamica.

Capitolo V.
Lavoro ed energia.

Parte III.

I corpi fluidi.

Capitolo I.
I liquidi.

Capitolo II.
Il principio di Archimede. Altre proprietà dei liquidi.

Capitolo III.
I gas.

Parte IV.

Acustica.

Parte V.

Termologia.

Capitolo I.
Calore e temperatura.

Capitolo II.
Dilatazione dei corpi.

Capitolo III.
Propagazione del calore.

Capitolo IV.
Misura e natura del calore.

Capitolo V.
Mutamenti di stato fisico dei corpi.

Capitolo VI.
Cenni di termodinamica.

Parte VI.

Ottica.

Capitolo I.
Natura e propagazione della luce.

Capitolo II.

La riflessione della luce.

Capitolo III.

Rifrazione e dispersione della luce.

Capitolo IV.

Strumenti ottici.

Parte VII.

Elettrologia.

Capitolo I.

Il magnetismo.

Capitolo II.

Corpi elettrizzati.

Capitolo III.

Produzione e movimento delle cariche elettriche.

Capitolo IV.

La pila elettrica effetti chimici della corrente elettrica.

CAPITOLO V.

Effetti magnetici della corrente.

CAPITOLO VI.

Resistenza elettrica e sue conseguenze.

CAPITOLO VII.

L'induzione elettromagnetica.

CAPITOLO VIII.

La scarica elettrica nei gas. Nuove radiazioni.

CAPITOLO IX.

La trasmissione dell'energia a distanza.

PARTE VIII.

Meteorologia.

CHIMICA

Capitolo I.
Di che cosa si occupa la chimica.

Capitolo II.
Atomi e molecole.

Capitolo III.
Le trasformazioni chimiche e come si ottengono.

Capitolo IV.
Degli elementi e dei loro più importanti composti.

Capitolo V.
Le soluzioni.

Capitolo VI.
Le leghe.

Capitolo VII.
Separazione fisica delle varie sostanze.

Capitolo VIII.
Idrogeno, ossigeno, acqua.

Capitolo IX.
Di alcuni metalloidi.

Capitolo X.
Di alcuni metalli.

CAPITOLO XI.

I composti del carbonio.

MINERALOGIA

CAPITOLO I.

Che cosa è un minerale e sue proprietà.

CAPITOLO II.

Tre minerali comuni.

CAPITOLO III.

I minerali dei metalli comuni.

CAPITOLO IV.

Pietre preziose.

CAPITOLO V.

I minerali che rendono fertili i nostri campi.

CAPITOLO VI.

L'Italia e le industrie chimiche.